

12

# **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

21 Application number: 87113968.9

51 Int. Cl.4: **H04N 13/04**, **H04N 15/00**

22 Date of filing: 24.09.87

30 Priority: 10.10.86 US 917493

43 Date of publication of application:  
22.06.88 Bulletin 88/25

84 Designated Contracting States:  
**DE FR GB IT NL**

71 Applicant: **Seton Health Care Foundation**  
**2323 North Lake Drive**  
**Milwaukee Wisconsin 53211(US)**

72 Inventor: **Muckerheide, Myron C.**  
**1018 Noridge Drive**  
**Port Washington Wisconsin 53074(US)**

74 Representative: **Beyer, Rudi**  
**Patentanwalt Dipl.-Ing. Rudi Beyer Am**  
**Dickelsbach 8**  
**D-4030 Ratingen 6 (Hösel)(DE)**

54 **Three-dimensional laser driven display apparatus.**

57 A three-dimensional laser driven display apparatus [10] for the controlled projection and manipulation of laser generated images toward the creation of a three-dimensional display [29]. The apparatus [10] comprises an image signal generator [25], raster generator [12], laser beam generator [11] and a varifocal mirror [13] wherein the image signal generator [25] and raster generator [12] spatially encode the laser beam image [32]. The laser beam [11] is reflected by the raster generator [12] onto the varifocal mirror [13], the vibration of which serves to spatially decode the laser beam image whereby a three-dimensional image [29] is viewable projected in space standing off of the surface [15] of the varifocal mirror [13]. The interposition of an imaging surface [33] between the raster generator [12] and the varifocal mirror [13] causes the three-dimensional display [29] to be viewed directly upon the surface [15] of the vibrating varifocal mirror [13].

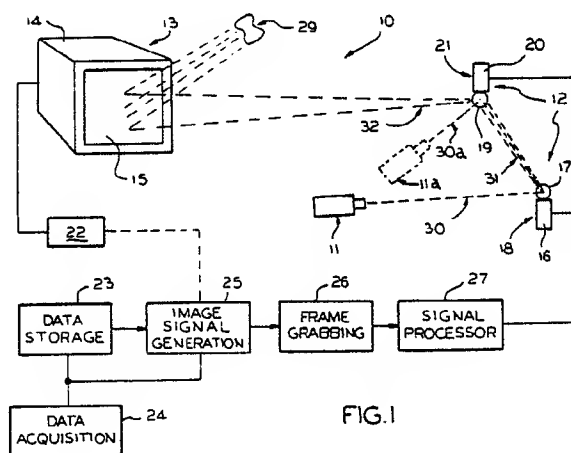


FIG.1

### THREE-DIMENSIONAL LASER DRIVEN DISPLAY APPARATUS

#### BACKGROUND OF THE INVENTION

The present invention relates to three-dimensional displays and specifically to a three-dimensional display system which incorporates a vibrating reflective mylar plane upon which is projected a spatially encoded laser generated image where the vibrating reflective mylar plane serves to decode the laser image creating a three-dimensional display of that image.

Over time a number of apparatus have been addressed to the creation of a three-dimensional image upon a two-dimensional plane, such as a projection screen or television cathode ray tube. Several of the prior art systems have incorporated varifocal mirrored surfaces to generate the three-dimensional image. The varying focal length of the mirror is typically achieved by physically vibrating the mirror about the axis perpendicular to the plane formed by the mirror. While several of these prior art systems have incorporated varifocal mirrors composed of a thin reflective mylar film stretched over a loudspeaker, the image projected thereon has been almost exclusively generated by a conventional cathode ray tube (CRT). In such devices, the image to be viewed in a three-dimensional fashion is provided by the cathode ray tube after having been generated in a conventional manner. The CRT image is then presented to the surface of the vibrating mirror such that the reflection of the image in the vibrating mirror is constantly swept back and forth as the mirror oscillates. The persistence of vision of the human observer causes the discrete images to fuse together, thus creating the three-dimensional display.

Such a system is described in such patents as M.C. King, U.S. Pat. No. 3,632,184; M.C. King, U.S. Pat. No. 3,632,866; and L.D. Sher, U.S. Pat. No. 4,130,832. Unfortunately however, such prior art imaging apparatus which rely upon a CRT to present the image to the vibrating mirror have experienced drawbacks which make such systems wholly inadequate in certain applications. The limitation of such prior art systems stems from the use of the CRT to originate and project the desired three-dimensional image. It will be recognized by those skilled in the art that the image appearing to an observer on the surface of the CRT is made possible because the phosphor material lining the interior of the CRT glows upon being struck by the electron beam generated within the tube. It is because of the persistence of these phosphors, i.e. the lag time during which the phosphor continues to glow after the electron beam passes, that the

observer is able to view the complete image since the electron beam is constantly sweeping across the CRT striking only a single point at any given time. Absent the persistence of the phosphors only a single point on the CRT would be illuminated at any time. Since the time to scan the entire face of the CRT exceeds the viewer's persistence of vision a poor display would result but for the phosphor lag time. It should also be noted that certain high brightness phosphors may have decay patterns which exceed the moment of observation by many orders of magnitude. It is this phosphor persistence and lag time, which makes such prior art systems unsuitable for certain applications as long lag times may occur when it is essential to erase the image being presented. The inherent limitation of such prior art systems stemming from the phosphor to mirror interface and the associated fluorescing lag time makes it difficult to instantly erase the image appearing on the CRT and thus the displayed three-dimensional image. While advances have been made in the development of "high speed" CRTs which minimize the phosphor lag time, while still providing sufficient persistence to permit normal viewing, the fluorescing lag time present in such "high speed" CRTs is nevertheless still so long as to prohibit erasure of the display as desired. In addition to the erasure problem, the lag time present in the CRT interface seriously limits the resolution of the three-dimensional display produced since fewer complete images can be generated within a given time period due to the time required by the CRT to sweep out a complete screen.

It can be seen that the CRT's inability to erase the image presentation with sufficient speed may make such systems unsuitable for applications where the image being viewed changes rapidly and the ability to isolate and otherwise view such change is critical.

The three-dimensional laser driven display apparatus disclosed herein has application in many areas. For example, the three-dimensional laser driven display apparatus may be used in air traffic control tower settings where the data pertaining to an approaching aircraft's glide path and relative position coordinates may both be viewed upon a single three-dimensional display rather than requiring the air traffic controller to view two separate radar screen images as is currently the practice. The present invention similarly has great usefulness in the area of "head-up" displays, particularly in military jet fighters where a three dimensional display of a target or an incoming missile and the selective display capabilities of the present inven-

tion can greatly enhance the fighter and pilot's performance. Still further, the ability of the present invention to project and display a three-dimensional image in space apart from a fixed two-dimensional projection screen makes possible the creation of decoy objects. Through the present invention for example, military hardware or even troops may be projected onto a battlefield and viewed as if they were actually there when in fact no physical object exists. Still further, decoy aircraft could be made to appear in flight when none are present. Of significant potential is the ability to operate the data acquisition facet of the present invention with an infrared laser which can serve, in certain circumstances, to overcome the stealth capability of modern military aircraft and ships. The ability to acquire image data and display corresponding three-dimensional images has powerful medical applications in the area of exploratory medicine. The present invention also has application in the field of cryptography as a cryptographic generation device due to its flexible sophisticated encoding and decoding capabilities.

Accordingly it is the object of the present invention to provide a three-dimensional laser driven display apparatus which utilizes laser beams as the principal image source which is viewed using a vibrating mirror structure, thereby eliminating the CRT's phosphor dependency and permitting instant erasure of the image and observation of minute changes therein.

It is additionally an object of the present invention to provide such a three-dimensional system where the pulse width of the laser and the spatial interactions permit a point to be located on the vibrating mirror which is presented in an exact phase condition with the image signals driving the laser.

It is a further object of the present invention to provide laser beams of different colors where various colored laser beams may be combined with one another to generate blanking techniques which can eliminate or alternatively enhance specific characteristics of the three-dimensional presentation.

An additional object of the present invention is to provide for the projection of a three-dimensional laser driven display offset from the varifocal mirror means.

Yet a further object of the present invention is to provide for the viewing of the three-dimensional laser driven display directly upon the varifocal mirror means through the use of an intermediate imaging surface means.

It is yet another object of the present invention to provide a data acquisition mechanism which utilizes fiber optics permitting exploration of cavities of the human body towards the three-dimen-

sional viewing thereof.

It is another object of the present invention to provide such a three-dimensional system which incorporates a reflective mylar mirror having ferrite material deposited thereon such that an electron beam sweep may produce magnetic attenuation of the mirror toward the selective enhancement or modification of the three-dimensional image being reflected therefrom.

It is yet another object of the present invention to provide such a three-dimensional system which includes a mylar film having phosphor material deposit thereon where such phosphor material is sensitive to selective x-ray or ultraviolet light so as to permit the use of non-visible lasers.

As a further object of the present invention, an imaging surface may be provided to cut the level of laser radiation or otherwise non-optically control or modify the image to be displayed.

Still another object of the present invention is to provide a three-dimensional system incorporating a vibrating mirror assembly which includes laser detectors to permit the modification or enhancement of the three-dimensional image as a function of the color, frequency, phase or power of the laser image reflecting off of the mylar film.

It is yet a further object of the present invention to provide image enhancement techniques whereby various waveforms as well as standing waves may be generated upon the reflective mylar film to alter the spatial characteristics of the three-dimensional display.

These and other objects of the invention will become apparent in light of the present specification and drawings.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention comprises a three-dimensional laser driven display apparatus for the controlled projection and manipulation of laser generated images toward the creation of a three-dimensional display.

Briefly stated, the apparatus comprises an image signal generation means, a raster generation means, laser means and a varifocal mirror means wherein the image signal generation means produces image control signals which drive the raster generation means causing it to reflect the laser projected thereon in a raster scanning pattern. The laser image is thereby spatially encoded. The laser image is thereafter reflected upon a varifocal mirror means which includes a vibrating reflective plate sweeping out an image space causing the successively reflected images to be spatially decoded and viewed by an observer as a three-dimensional image as a result of the viewer's persistence of

vision.

Specifically, an image generation means is provided for producing image control signals which themselves are a function of the image to be ultimately displayed in a three-dimensional fashion. This image generation means may comprise a plurality of conventional frequency generators which serve to generate image control signals determined by algorithms which implement the three-dimensional image encoding.

Raster generation means are operably and electrically connected to the image signal generation means. The raster generation means serves to cause the laser means which is projected thereon to be reflected in a raster-scanned pattern. It is this raster pattern which will ultimately determine the image to be displayed. In the preferred embodiment of the invention, the laser means is capable of generating coherent visible light or coherent invisible light which is projected upon the raster generation means and thereby reflected toward the formation of the three-dimensional display. It is contemplated, and within the scope of this invention, that the use of non-visible lasers, such as those operating in the X-ray, ultraviolet or infrared ranges would be desirable and useful in various applications.

A varifocal mirror means is provided upon which the three dimensional display is ultimately viewed after the laser beam image reflected by the raster generation means is projected upon an imaging surface means interposed between the raster generation means and varifocal mirror means. Absent the interposition of the imaging surface means, the three-dimensional image will be viewed standing off of the surface of the mirror. This varifocal mirror means includes a reflective plate means and a motion control means where the reflective plate means is controllably moved about an axis perpendicular to the plate under direction of the motion control means. The vibration of the reflective plate creates a plurality of reflective surfaces parallel with one another in a region defined as an image space. The laser encoded image projected on the reflective plate thus appears at successive image planes corresponding to the position of the reflective plate means within the image space at each instant in time. The phase relationship between the encoding of the laser image and the movement of the reflective plate from one image station to another causes the laser image to be spatially decoded. The observer's persistence of vision thus causes the successively generated image components to fuse together creating the three-dimensional display.

The use of the laser means to provide the display image overcomes the limitations encountered in imaging apparatus which rely upon CRTs to

present an image to the varifocal mirror. In particular, it can be seen that the vibrating mirror results in an image space which is composed of discrete mirror stations corresponding to each instant in time. The lag time required by the CRT to erase one image and display the next limits the resolution which may be achieved since numerous image stations are missed while the CRT image is in transition. The use of a laser means as the image source permits vastly more image stations of the mirror to be accessed since the laser means is capable of operating up in the sub-nanosecond, picosecond and on up into the femtosecond range. Accordingly, many more discrete image components may be generated with the use of the laser means thus vastly increasing the resolution of the display generated.

Specifically, the pulse width of the laser means and the spatial interaction of the laser causes the image to locate at a point on the vibrating varifocal mirror means in an exact phase condition with the image control signals used to generate the display.

In a preferred embodiment of the invention, the three-dimensional laser driven display includes a signal processor means operably and electrically connected to the image generation means and to the raster generation means. This signal processor means serves to electronically amplify and modify the image control signals to, in turn, modify the three dimensional display through the selective enhancement of desired features and/or portions of the display as it ultimately appears in a three-dimensional manner.

The preferred embodiment of the invention further includes synchronization means which are operably and electrically connected to the varifocal mirror means and to the image signal generation means to synchronize the motion of the varifocal mirror means with the pulse width of the laser beam. This synchronization provides for the removal of unwanted optical aberrations and further serves to increase the clarity of the three-dimensional image being observed in the varifocal mirror means.

In one embodiment of the invention, the three-dimensional laser driven display apparatus includes an imaging surface means which is operably positioned between the raster generation means and the varifocal mirror means such that the spatially encoded laser image which is reflected by the raster generation means may be then projected upon the imaging surface means, or through the imaging surface if translucent. Accordingly, the spatially encoded laser image appearing on the imaging surface means is viewed in the varifocal mirror means rather than offset from the surface of the varifocal mirror means. This imaging surface means additionally serves to non-optically modify



the three dimensional image and control the level of laser radiation which reaches the display surface of the three-dimensional display apparatus.

In another embodiment of the invention, the three-dimensional laser driven display apparatus includes data acquisition means operably connected to the image signal generation means. The data acquisition means serves to transmit to the image generation means image data corresponding to the image sought to be displayed so that the image may be displayed in a three-dimensional manner. Image storage means may be provided for magnetically storing the image data gathered by the data acquisition means. The image storage means is operably and electrically connected to the image generation means permitting the retrieval of the image signals towards the delayed display of the three-dimensional image as would be desirable in cryptographic applications.

In the preferred embodiment of the invention, the raster generation means comprises a first raster assembly. This assembly includes a first galvanometer portion and a first mirror portion, the first galvanometer portion being operably and electrically connected to the image signal generation means. The laser means is directed toward the first mirror portion and reflected to the varifocal mirror means. The first galvanometer means serves to cause the first mirror portion to move in a first axis where this movement is a function of the image control signals received. Accordingly, the reflected laser image is projected on the varifocal mirror means in a raster scanned pattern.

As the application requires, the preferred embodiment of the invention may include a second raster assembly which includes a second galvanometer portion and a second mirror portion where the second galvanometer portion is operably and electrically connected to the image signal generation means. The second mirror portion serves to receive the laser beam image projected from the first mirror portion of the first raster assembly, and reflects the laser beam image to the varifocal mirror means. The second galvanometer serves to cause the second mirror portion to move in a second axis where the movement is similarly a function of the image signals. Accordingly, the laser beam image is reflected about two axes such that the reflected image is projected upon the varifocal mirror means in a raster scanned pattern toward the formation of a complete three-dimensional image.

It is contemplated and fully within the scope of this invention, that the raster generation means may be comprised of rotating reflective prism assemblies, etalons, q-switches, or combinations thereof. It is further contemplated that the raster generation means may comprise a saturable dye

matrix which serves to present the laser image to the vibrating varifocal mirror means. In yet another embodiment of the invention, it is contemplated that a fiber optic array capable of projecting the spatially encoded laser image will be used to direct the laser image to the varifocal mirror means.

In an alternative embodiment of the invention, a plurality of colored laser beam emitters and corresponding number of raster generation means are provided wherein different color combination of laser beams may be directed upon the varifocal mirror means. The use of different colored laser beams permits the colored laser beams to be combined with one another to affect blanking, to, in turn, enhance or cancel specific characteristics of the three-dimensional image being displayed.

It is additionally within the scope and contemplation of this invention that the laser means may be modulated to further encode the laser beam image. Furthermore, additional laser beam means may be incorporated into the apparatus wherein for example a second laser means of a color different than the first laser means may be directed upon the second mirror portion of the second raster assembly towards further modifying or enhancing the three dimensional image to be displayed.

It is still further contemplated that a laser generated television device may be used as an image generation mechanism device for presenting the image to the varifocal mirror means for decoding into a complete three-dimensional display.

In the preferred embodiment of the invention, the varifocal mirror means comprises a reflective mylar film stretched over an audio loudspeaker. The mylar film is accordingly acoustically coupled to the loudspeaker such that when the loudspeaker is driven the reflective mylar film will vibrate. This vibration will deflect the mylar film from its rest position thereby causing the laser image reflected viewed in the mylar film to appear at successive image planes corresponding to the position of the vibrating mylar film at each instant in time. Consequently, when the encoded image is projected upon the vibrating mylar film, the vibration decodes the laser image reconstructing the spatial information. The persistence of vision of the human observer causes the successive reflective images to fuse together such that the decoded image appears as a three-dimensional display. It has been found that the most advantageous operation of loudspeaker is achieved when it is driven in the range of 15 to 60 Hertz. It is contemplated however that certain applications may require that the loudspeaker be driven at ultra-low frequencies as well as at much higher frequencies.

It is apparent that the coordination required between the operations of encoding of the laser

image and decoding the image with a varifocal reflective mirror which is necessary to produce a three dimensional image results in the present invention being readily adaptable for use as a cipher device. Data may therefore be encrypted, transmitted and decoded in much the same way as the three-dimensional laser beam images are manipulated as taught herein.

In one embodiment of the invention, the varifocal mirror means includes an enhancement means wherein the loud speaker includes ports positioned about the periphery of the loudspeaker cone to permit certain wavelengths of laser light to pass therethrough. Laser detectors are provided for positioning behind the loudspeaker, proximate to the ports where the laser detectors may serve to detect the presence and condition of the laser image reflected onto the reflective mylar film. Air pressure modules are in turn connected to the interior of the loudspeaker such that the air pressure modules may produce and sustain a variety of waveforms as well as a standing wave within the loudspeaker cone to selectively enhance and modify the laser image as a function of image reflected onto the mylar film. A circuit means is provided for connection to each of the laser detector means and air pressure modules for activating the air pressure modules in response to the conditions detected by the laser detector means. These air pressure modules permit the generation of standing waves within the loudspeaker cone which can enhance or modify the three-dimensional image independent of any variation in the operation of the loudspeaker.

In another embodiment of the invention the laser detector means may be positioned external to the varifocal mirror means in front of said reflective mylar film and aimed such that the condition of the laser beam image may be determined by the reflection off of the film. It is contemplated that the laser detector means may comprise line diodes which are capable of detecting the presence or absence of specific colors to thereby enhance selected features of the display and alter the spatial characteristics of the display. The laser detector means thereby feed back their signals to the air pressure modules which in turn generate the appropriate waveform to enhance or otherwise modify the three dimensional display as a function of the laser beam image reflected by the mylar film.

The varifocal mirror means, in an alternative embodiment of the invention, comprises a frame means upon which the reflective mylar film is stretched. An infrared laser source means is positioned behind the mylar film whereby the mylar is thermally contracted by application of the infrared source means. The inherent memory of the mylar film serves to cause the film to relax and return to its initial shape when the infrared laser source is

deactivated, as long as the bursts of the infrared source means are of proper power and wavelength. The pulsed application of the infrared source means will serve to cause the mylar film to vibrate such that the reflection viewed therein will appear at successive image plane corresponding to the position of the mylar film at each instant in time equivalent to the operation loudspeaker embodiment of the varifocal mirror means.

In one embodiment of the varifocal mirror means, a ferrite material is operably affixed to the back non-reflecting surface of the mylar film by vacuum depositing the ferrites thereon. Magnetic attenuation of the mylar film may be accomplished by an electron beam sweep of the mylar film which will produce dwell periods in the time motion deflection of the mylar film which, in turn, will cause manipulation of the image being reflected thereon as would be useful in stress simulation applications as well as in cryptographic applications. It is preferred that the electron beam be contained in a vacuum or helium gas environment in order that its attenuation properties be fully realized.

In another embodiment of the varifocal mirror, the reflective mylar film includes phosphor material vacuum deposited on the reflected surface on the mylar film. This application of phosphor material permits the observation of images generated by laser beams working beyond the visible light range. For example, phosphor material which is sensitive to x-rays may be deposited on the mylar film whereby the non-visible x-ray images may be viewed as a three-dimensional image. Similarly, phosphor material which is sensitive to ultra-violet light may be deposited on the reflective surface of the mylar film whereby the non-visible ultra-violet images projected thereon may be reviewed as a three-dimensional image.

In order to further provide for the control and manipulation of the three-dimensional image, it is contemplated that one embodiment of the invention may include enhancement control means wherein the loudspeaker contains a plurality of ports operably positioned about the periphery of the loudspeaker cone. These ports permit certain wavelengths of laser light projected upon the mylar film to pass therethrough. A plurality of laser detectors operably positioned behind the loudspeaker proximate to the respective ports serve to detect the presence and condition of the laser light reflecting off of the mylar film. A circuit means is operably and electrically connected to each of the laser detector means and the loudspeaker means wherein the circuit means serves to electronically alter the vibration of the loud speaker to, in turn, alter the vibration of the reflective mylar film. Through such a configuration, the three-dimensional display may be modified in response to the

frequencies, phase and power of the laser image. In addition, lens means may be operably positioned about each of the ports to enhance the detection ability of the laser detector means by concentrating or otherwise focusing the laser passing through the reflective mylar film.

In an alternative embodiment of the invention, the imaging surface means includes a coating of material which is sensitive to the wavelength of the laser means utilized therewith, whereby the laser image projected thereon may be modified as a function of the sensitivity of the material covering the imaging surface means. For example, a radiation absorbent material covering the imaging surface may serve to reduce the radiation reflected and minimize its presence at the ultimate display surface, namely, the varifocal mirror means. The position and particular angle at which the surface is interposed between the raster generation means and the mylar film can similarly affect a change in size of image or reverse its orientation. The imaging surface may be composed of a translucent material as well as opaque materials.

In one embodiment of the invention the data acquisition means comprises a plurality of fiber optic elements capable of being inserted in a cavity, such as a human body and into a artery, lung or other organ. At least one fiber optic element directs a laser beam to illuminate the interior of a cavity. The high brightness characteristic of the laser beam makes such an application possible. At least one fiber optic element is provided for conducting the reflected laser beam to the three-dimensional laser driven display apparatus such that a three-dimensional image of the object is displayed.

In operation, the embodiment of the invention which omits the imaging surface means interposed between the varifocal mirror means and the raster generation means results in producing a three-dimensional display which is projected off of the surface of the mirror means into space. This is, in part, due to the operation of the Tyndall effect whereby an image appears in space as a result of the presence of dust particles in the air, however small they may be, which reflect light thereby making the image visible. The computerized algorithms and pulse with designations of the laser serve to generate an image at the focal station of projection.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 of the drawings is a schematic representation of the preferred embodiment of the three-dimensional laser driven display apparatus specifically illustrating the projection of the laser onto the

raster generation means and reflection of the laser generated image therefrom onto the varifocal mirror wherein the three-dimensional display is viewed standing off of the mirror surface;

Fig. 2 of the drawings is a schematic representation of three-dimensional display apparatus illustrating the use of an imaging surface to receive the laser generated image from the raster generation means and the viewing thereof upon the varifocal mirror;

Fig. 3 of the drawings is a cross-sectional view of the varifocal mirror specifically illustrating the acoustic coupling of the mylar film to the loudspeaker and the generation of successive image planes formed by deflection of the mylar due to the actuation of the loudspeaker;

Fig. 4 of the drawings is a cross-sectional view of the varifocal mirror illustrating the use and positioning of laser detectors to detect the laser and control the loudspeaker in response to the properties of the laser;

Fig. 5 of the drawings is a cross-sectional view of the varifocal mirror illustrating the use and positioning of air pressure modules to create waveforms within the loudspeaker cone;

Fig. 6 of the drawings is a cross-sectional view of the mylar film specifically illustrating the application of phosphor material to the reflective surface of the mylar film and projection of x-ray images thereon;

Fig. 7 of the drawings is a cross-sectional view of the mylar film specifically illustrating the application of ferrite material to the rear facing surface of the mylar film and the attenuation of the mylar film caused by application of an electron beam;

Fig. 8 of the drawings is a schematic representation of a fiber optic assembly specifically shown viewing a three-dimensional object located within a closed cavity; and

Fig. 9 of the drawings is a cross-sectional view of an alternative embodiment of the varifocal mirror means.

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

While this invention is susceptible of embodiment in many different forms, there is shown in the drawings and will herein be described in detail one specific embodiment, with the understanding that the present disclosure is to be considered as an exemplification of the principles of the present invention and is not intended to limit the invention to the embodiment illustrated.

Fig. 1 of the drawings is a schematic representation of the preferred embodiment of the three-dimensional laser driven display apparatus 10 spe-

cifically illustrating the projection of the laser 11 onto the raster generation means 12 and reflection of the raster generated image 32 onto the varifocal mirror 13. The video acquisition module 24 is shown connected to the data storage module 23 as well as the image signal generation module 25 as the image generation may be derived from data previously stored in the storage module 23, or alternatively may be performed simultaneously with the acquisition of the data utilized to generate the three-dimensional image 29. The image signal generation module 25 is shown connected to the frame grabbing module 26. The frame grabbing module 26 may be employed to "grab" a single image from the successively generated images produced by the image signal generator 25 for further processing and viewing thereof. The frame grabbing module 26 is shown connected to the signal processor module 27. The signal processor module 27 includes amplifier devices to attenuate the signal as required. The signal processor is shown connected to raster assemblies 18 and 21. Raster assemblies 18 and 21 are shown comprising mirror portions 17 and 19 and galvanometer portions 16 and 20 where mirror portions 17 and 19 serve to reflect the laser image projected thereon and galvanometer portions 16 and 20 serve to move mirror portions 17 and 19 in response to signals received from the image signal generator 25. Specifically, the first raster assembly 18 is shown comprising first mirror portion 17 and a first galvanometer portion 16. The laser 11 is shown projecting its beam 30 upon the first mirror portion 17 of the first raster assembly 18. This laser image 30 is then reflected by the first mirror portion 17 of the first raster assembly 18 onto the second mirror portion 19 of the second raster assembly 21. It can be seen that that motion of the first mirror portion 17 causes the laser image 31 to be distributed about the surface of the second mirror portion 19 of the second raster assembly 21. The second raster assembly 21 is shown reflecting the laser image 32 onto the varifocal mirror 13. The first raster assembly 18 moves about a first axis while the second raster assembly 21 moves about a second axis such that the laser generated image 32 which ultimately reflected upon the varifocal mirror 13 is generated via the raster-scanned pattern. The varifocal mirror 13 comprises a mylar film 15 stretched about a loudspeaker cone (not shown) contained within cabinet 14. The loudspeaker is driven by the synchronization module 22 which actuates the vibration of the mylar film 15 and synchronizes the vibrations to preserve the phase relationship between the vibrating reflective mylar surface 15 and the laser image 32 being projected thereon. Synchronization module 22 is shown electrically connected to image signal generation mod-

ule 25 from which phase information is acquired. In the embodiment illustrated, the three-dimensional image 29 is projected by the reflective mylar film 15 wherein the image 29 is viewed standing off of the surface of mylar 15. Additionally illustrated in Fig. 1 is an alternative embodiment of the invention which incorporates a second laser means 11a projecting its beam 30a upon raster assembly 21. This laser means 11a may be of a color different from laser means 11 to thereby effect blanking.

Fig. 2 of the drawings illustrates the use of an imaging surface 33 to modify the laser generated image and ultimately the three-dimensional display 29. The imaging surface 33 is shown interposed between the second raster assembly 21 and the varifocal mirror 13. In operation, the laser is reflected off of the first raster assembly 18 and then the second raster assembly 21 after which the laser image strikes the imaging surface 33. The varifocal mirror 13 is then positioned such that the imaging surface 33 may be viewed thereon. This imaging surface may thus serve to non-optically modify the laser generated image as a function of the coatings applied to the surface 33. It is contemplated that various laser absorbing compounds 33a may be applied to the surface to reduce the amount of laser radiation which reaches the varifocal mirror 13 or imaging surface 33. It can be seen that the physical orientation of the laser 11, first and second raster assemblies 18 and 21 imaging surface 33 and varifocal mirror 13 may serve to non-optically affect the size of the laser image ultimately projected upon the varifocal mirror 13 or even completely reverse that image. In this embodiment, the addition of the imaging surface 33 results in the three-dimensional image 29 being viewed by the observer directly on the reflective mylar film 15 rather than offset therefrom.

A cross-sectional view of the varifocal mirror assembly 13 is illustrated in Fig. 3. The mylar film 15 having a reflective surface 34 is shown stretched across the opening of a conventional loudspeaker cone 35. Accordingly, the reflective mylar film 15 is acoustically coupled to the loudspeaker cone 35 such that vibrations of the coil 36 and generations of pressure waves 37 within the cone 35 will serve to cause the reflective mylar film 15 to vibrate from its stationery rest position 38 such that the reflective mylar surface 15 alternates between a convex and concave orientation and thus is in a different lateral position 39 at any moment in time. The synchronization control device 22 is shown electrically connected to the loudspeaker coil 36, for controlling the vibration of the reflective mylar surface 15 and providing phase control over the three dimensional display, the phase information being derived from the image signal generation module 25.

Fig. 4 of the drawings illustrates a cross-sectional view of the varifocal mirror 13, of Fig. 1, specifically illustrating the inclusion of laser detectors 40. The loudspeaker cone 35 is shown having ports 41 formed therein providing access to the interior of the speaker cone 35. Laser detectors 40 are shown positioned proximate to the respective ports 41. These laser detectors 40 are capable of detecting the phase, frequency and power of the wavelength of the laser penetrating the mylar film 15. The laser detectors 40 are shown connected to a control circuit 42 which itself is connected to the synchronization control device 22. Accordingly, the vibration of the speaker cone 35, and hence the deflection of the reflective mylar film 15 may be varied as a function of the properties of the laser image striking the mylar film 15. It is contemplated that the ports 41 themselves will be sealed with a material which permits the penetration of the laser light while maintaining the integrity of the loudspeaker cone 35 so as to preserve the acoustic coupling. A lens device 43 is shown installed in a port. This lens device 43 may serve to concentrate or otherwise focus the laser image to the laser detector 40 to enhance or otherwise control the detector's 40 efficiency. An alternative placement of the laser detectors is illustrated by laser detector 40a which is shown positioned in front of the reflective mylar film 15 where it may receive the reflective image and transmit signals to control circuit 42 as a function of the image.

Fig. 5 of the drawings is a cross-sectional view of another embodiment of the varifocal mirror 13 of Fig. 1. Air pressure modules 44 are illustrated connected to the interior of loudspeaker 35. Air pressure modules 44 are activated by circuit 42 which is connected to laser detectors 40, not shown. Accordingly, the activation of air pressure modules 44 serve to create waveforms as well as standing waves within the interior of loudspeaker cone 35 to further alter the image reflecting off of mylar 15 independent of the vibration of the mylar 15 caused by coil 36.

Fig. 6 of the drawings is a cross-sectional view of the mylar film 15. A phosphor material 45, is shown applied to the reflective surface 34 of the mylar film 15. It is contemplated that this phosphor material 45 will be of the type sensitive to non-visible radiation, such as x-ray or ultraviolet light emissions 57 generated by laser source 58. Accordingly, the use of laser 58 operating the x-ray or ultraviolet spectrum may be utilized as the phosphor 45 coated mylar film 15 will cause the non-visible laser generated images to be observable by the human eye.

A further attenuation scheme is shown in Fig. 7. Specifically a ferrite material 46 is shown operably affixed to the rear facing surface of the

mylar film 15. An electron beam generator device 47 is shown scanning a portion of the mylar film 15. The electron beam 48 striking the ferrite material 46 will cause magnetic attenuation therebetween such that selected portions 49 of the mylar film 15 may be attenuated so as to modify select portions of the three-dimensional display as will be useful in the simulation of, for example, stress forces upon an object.

Fig. 8 of the drawings is a schematic representation of a data acquisition system 24 incorporating fiber optics 50. Specifically, the fiber optic pair 50 is shown inserted into a closed cavity 53 in which is located a three-dimensional object 54 to be viewed. The first fiber optic 51 serves to transmit a laser beam 55 having the desired level of brightness necessary to illuminate the interior of the cavity 53. The second fiber optic 52 serves to conduct the laser image 56 as it is reflected off of the three-dimensional object back to a processor module 59 which serves to convert the laser light image to an electrical signal. This processor module 59 is shown connected to the storage module 23 as well as the image signal (encoder) module 25 so as to provide for either the on-line, real time observation of the three-dimensional image or the storage of that image data for later viewing.

Fig. 9 of the drawings is a cross-sectional view of an alternative embodiment of the varifocal mirror means illustrating reflective mylar film 15 stretched over frame means 60. An infrared laser means 61 and diffusing lens means 62 is shown positioned behind reflective mylar film 15 such that when infrared laser means 61 is pulsed, film 15 contracts due to the thermal effect of the diffused infrared laser light. When infrared laser means 61 is switched off reflective mylar film 15 relaxes and returns to its rest position 38. Pulsing of the infrared laser means 61 thus causes mylar film 15 to vibrate within an image space. Infrared laser means 61 is additionally shown connected to synchronization module 22 which in turn is connected to image signal generation module 25 (now shown).

The foregoing description and drawings merely explain and illustrate the invention and the invention is not limited thereto, except insofar as the amended claims are so limited as those skilled in the art who have the disclosure before them will be able to make modifications and variations therein without departing from the scope of the invention.

## Claims

1. A three-dimensional laser driven display apparatus [10] for the controlled projection and manipulation of laser generated images towards the creation of a three dimensional display [29], said

three-dimensional display apparatus [10] characterized by:

-image signal generation means [25] for producing image control signals which correspond to said image to the displayed;

-raster generation means [12] operably and electrically connected to said image signal generation means [25], said raster generation means [12] operating as a function of said image control signals produced by said image signal generation means [25] to cause said image to be spatially encoded, said raster generation means [12] thereby reflecting said encoded image [32] in a raster scanned pattern towards the formation of said complete three-dimensional image [29];

-laser means [11] for generating a coherent beam of light [30] which is projected upon said raster generation means [12] and reflected by said raster generation means towards the formation of said three-dimensional display [29];

-varifocal mirror means [13] upon which said spatially encoded laser image [32] is projected after being reflected by said raster generation means [12], said varifocal mirror means [13] serving to, in turn, reflect and project said three-dimensional image such that said image [29] is viewable in space standing off of the surface of said varifocal mirror means,

-said varifocal mirror means [13] including a reflective plate means [15] and a motion control means [22] where said reflective plate means [15] is moved about an axis perpendicular to the plane formed by said reflective plate means [15], said motion being controlled by said motion control means [22] such that said reflective plate means [15] sweeps out an image space whereby said spatially encoded laser image [32] projected thereon appears in successive planes as a function of the position of said reflective plate means [15] at each instant in time thus spatially decoding said encoded laser image to create said three-dimensional display [29].

2. The three-dimensional laser driven display apparatus [10] characterized in Claim 1 in which said invention further comprises signal processor means [27] operably and electrically connected to said image signal generator means [25] for electronically amplifying and modifying said image control signals to, in turn, modify said three-dimensional display [29].

3. The three-dimensional laser driven display apparatus [10] characterized in Claim 1 in which said invention further comprises an imaging surface means [33] operably positioned between said raster generation means [12] and said varifocal mirror means [13] such that said spatially encoded laser image [32] reflected by said raster generation means [12] is projected upon said imaging surface

means [33] whereby said spatially encoded laser image [32] projected thereon may be viewed in said varifocal mirror means [13] rather than in space, standing off of said varifocal mirror means,

-said imaging surface means [33] further serving to non-optically modify said three-dimensional image [29] and control the level of laser radiation appearing at said varifocal mirror means [13].

4. The three-dimensional laser driven display apparatus [10] characterized in Claim 1 in which said invention further comprises data acquisition means [24] operably connected to said image signal generation means [25], said data acquisition means [24] serving to transmit to said image signal generation means [25] image data corresponding to the image [29] sought to be displayed in a three-dimensional manner.

5. The three-dimensional laser driven display apparatus [10] characterized in Claim 4 in which said invention further comprises image storage means [23] operably and electrically connected to said image signal generation means [25] for magnetically storing said image data produced by said data acquisition means [23] thus providing for the retrieval of said image data toward the delayed display of said three-dimensional image.

6. The three-dimensional laser driven display apparatus [10] characterized in Claim 1 in which said invention further comprises frame grabbing means [26] operably and electrically connected to said image signal generation means [25] and said raster generation means [12] for permitting the continuous display of a single image from the successively generated images produced by said image signal generation means.

7. The three-dimensional laser driven display apparatus [10] characterized in Claim 1 in which said invention further comprises synchronization means [22] operably and electrically connected to said mirror control means to synchronize the motion of said reflective plate means [15] of said varifocal mirror means [13] with the pulse width of said laser means [11] to remove unwanted optical aberrations and increase the clarity of said three-dimensional image [29].

8. The invention characterized in Claim 1 in which said raster generation means [11] comprises a first raster assembly [18] including a first galvanometer portion [16] and a first mirror portion [17], said first galvanometer portion [16] operably and electrically connected to said image signal generation means [25];

-said first mirror portion [17] serving to reflect said laser beam [30] projected thereon redirecting said laser beam [30] to said varifocal mirror means [13];

-said first galvanometer [16] serving to cause

said first mirror portion [17] to move about a first axis where said movement is a function of said image control signals whereby said reflected image [31] is projected upon said varifocal mirror means [13] in a raster scanned pattern towards the formation of said three-dimensional image [29].

9. The invention characterized in Claim 8 in which said raster generation means includes a second raster assembly [21] interposed between said first raster assembly and [18] said varifocal mirror means [13] including a second galvanometer portion [20] and a second mirror portion [19], said second galvanometer portion [20] operably and electronically connected to said image signal generation means [25];

-said second mirror portion [19] serving to receive said laser beam [31] projected from said first mirror portion [17] and reflect said laser beam to said varifocal mirror means [13];

-said second galvanometer [20] serving to cause said second mirror portion [19] to move in a second axis where said movement is a function of said image control signals, whereby said laser image [32] is thus reflected about two axis such that said reflected image is projected upon said varifocal mirror means [13] in a raster scanned pattern towards the formation of a complete three-dimensional image [29].

10. The invention characterized in Claim 1 in which said raster generation means [12] comprises a rotating reflective prism.

11. The invention characterized in Claim 1 in which said raster generation means [12] comprises an etalon.

12. The invention characterized in Claim 1 in which said raster generation means [12] comprises a q-switch.

13. The invention characterized in Claim 1 in which said raster generation means [12] comprises a fiber optic array capable of projecting said spatially encoded laser image upon said varifocal reflective means [13].

14. The invention characterized in Claim 1 in which said raster generation means [12] comprises a saturable dye configuration.

15. The invention characterized in Claim 1 in which said raster generation means [12] comprises a laser generated television image.

16. The invention characterized in Claim 1 in which said three-dimensional laser driven display apparatus [10] includes:

- a plurality of colored laser beam emitters; and
- a plurality of raster generation means corresponding to said laser beam emitters,
- whereby said different colored laser beam emitters may be combined with one another to provide blanking to, in turn, enhance specific characteristics of said image being displayed.

17. The invention characterized Claim 1 in which said varifocal mirror means [13] comprises a reflective mylar film [15] stretched over a loudspeaker [35], thereby acoustically coupling said mylar film [15] to said loudspeaker [35] such that when said loudspeaker [35] is driven said reflective mylar film [15] vibrates and is accordingly deflected from its rest position [38] causing the image projected onto said reflective mylar film to appear at successive planes [39] as a function of the position of said vibrating mylar film [15] at each instant in time, the persistence of vision of the observer thereby causing the successive reflected images to fuse together decoding the spatially encoded image thereby creating said three-dimensional image [29].

18. The invention characterized in Claim 17 in which said varifocal mirror means [13] includes an enhancement means wherein:

-said loudspeaker [35] includes a plurality of ports [41] operably positioned about the periphery of said loudspeaker cone [35], said ports [41] serving to permit certain wavelengths of said laser [30] projected upon said mylar [15] to pass therethrough;

-a plurality of laser detector means [40] operably positioned behind said loudspeaker [35] proximate to said respective ports [41], said laser detector means [40] serving to detect the presence and condition of said laser [30] reflected onto said mylar film [15];

-air pressure module means [44] operably connected to said interior of said loudspeaker means [35] such that said air pressure means [44] are capable of producing and sustaining waveforms within said loudspeaker means [35] to selectively enhance and modify said laser image;

-circuit means [42] operably and electrically connected to each said laser detector means [40] and said air pressure module means [44], said circuit means [42] serving to actuate said air pressure module means [44] to, in turn, produce and maintain said standing wave within said loudspeaker means [35] thereby permitting the enhancement and modification of said three-dimensional display [29] in response to the color, frequency, phase and power of said laser image [32].

19. The invention characterized in Claim 18 in which said varifocal mirror means [13] further includes lens means [43] operably positioned about said ports [41] to enhance the detection ability of said laser detector means [40].

20. The invention characterized in Claim 1 in which said varifocal mirror means [13] comprises:

- frame means [60];
- reflective mylar film means [15] stretched over said frame means [60];
- infrared source means [61] operably posi-



tioned behind said reflective mylar film [15] means wherein said infrared source means [61] serves to thermally contract said reflective mylar film means [15] and wherein the inherent memory of said reflective mylar film means will serve to cause said mylar film means [15] to relax returning to its initial shape and position on said frame means [60] such that the repeated contraction and relaxation of said reflective mylar film [15] means will result in its being vibrated thereby causing the reflection viewed in said mylar film [15] to appear at successive planes corresponding to the position of said vibrating mylar film [15] at each instant in time, the persistence of vision of the observer thereby causing the successive reflected images to fuse together decoding the spatially encoded image creating said three-dimensional image [29].

21. The invention characterized in Claim 1 in which ferrite material [46] is operably affixed to the back surface of said reflective plate means [15] wherein manipulation of said image appearing in said varifocal mirror [13] is achieved through the magnetic attenuation [49] of said reflective plate means [15], said attenuation being accomplished through the application of an electron beam [48] to said ferrite material [46] such that dwell periods are produced in the motion of said reflective plate means [15] which, in turn, causes the manipulation of said image.

22. The invention characterized in Claim 1 in which said reflective plate means [15] includes phosphor material [43] affixed to the reflective surface [34] of said reflective plate means [15] to permit the observation of images generated by laser means [58] producing non-visible light [57].

23. The invention characterized in Claim 1 in which said phosphor material [45] affixed to said reflective plate means [15] is sensitive to x-ray output whereby non-visible x-ray images may be viewed using said three-dimensional laser driven display apparatus [10].

24. The invention characterized in Claim 1 in which said phosphor material [45] affixed to said reflective plate means [15] is sensitive to ultraviolet light output whereby non-visible ultra violet images may be viewed using said three-dimensional laser driven display apparatus [10].

25. The invention characterized in Claim 1 in which said varifocal mirror means [13] includes image modification means [ ] comprising:

-a plurality of laser detector means [40] operably positioned behind said reflective plate means [15] said laser detection means [40] serving to detect the presence and condition of said laser reflected onto said reflective plate means;

-circuit means [42] operably and electrically connected to each of said laser detector means [40] and said mirror control means [22], said circuit

means [42] serving to electronically alter the vibration of said reflective plate means [15] thereby permitting the modification of said three-dimensional display [29] in response to the frequency, phase and power of said laser image.

26. The invention characterized in Claim 25 in which said laser detector means [40] comprise line diodes capable of detecting the presence of a selected color as well as the absence of a selected color.

27. The invention characterized in Claim 24 in which said laser detector means [40a] are positioned forward of said reflective plate means [15] such that said laser detector means [40a] may detect said laser image [29] as it is reflected off of said varifocal mirror means [15].

28. The invention characterized in Claim 3 in which said imaging surface means [33] comprises a surface of material [33a] sensitive to the wavelength of said laser means whereby said image projected thereon may be modified as a function of the sensitivity of the material [33a] covering said imaging surface means [33].

29. The invention characterized in Claim 4 in which said data acquisition means [24] comprises a plurality of fiber optic elements [50] capable of being inserted into a cavity [53] wherein at least one fiber optic element [51] directs a laser beam [55] to illuminate the interior of said cavity and wherein at least one fiber optic element [52] conducts the reflected laser beam [56] to said three-dimensional laser driven display apparatus [10].



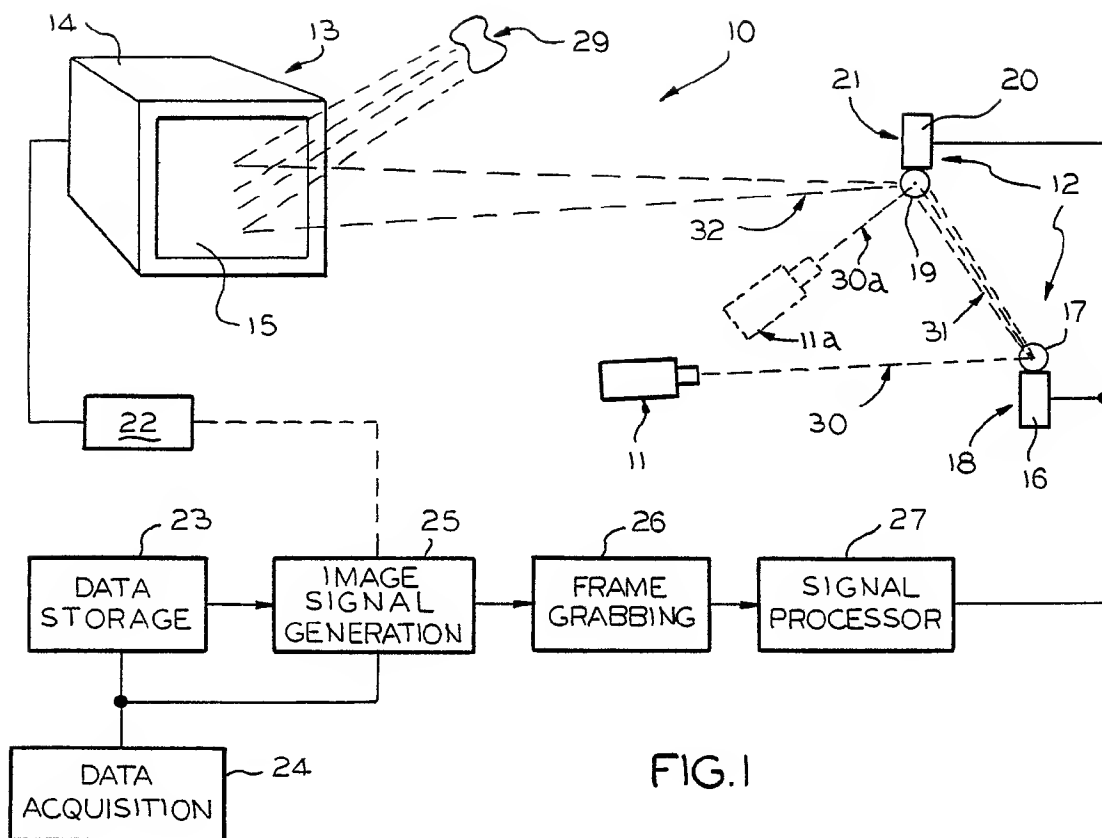


FIG. 1

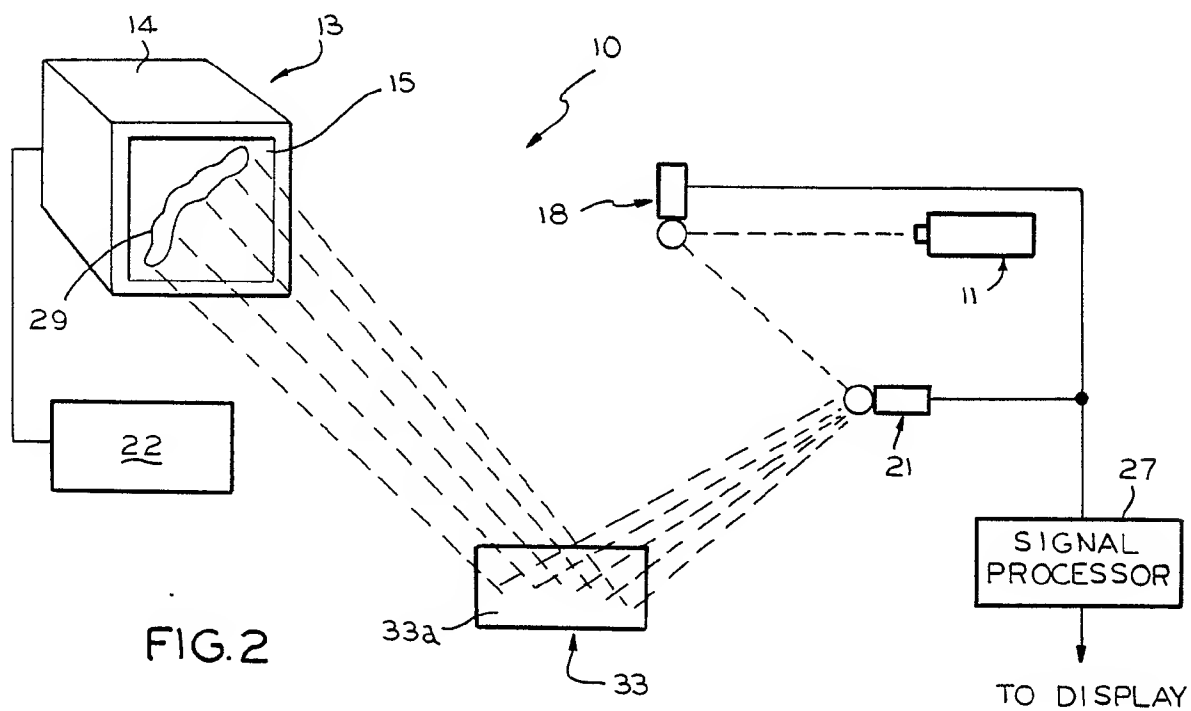


FIG. 2

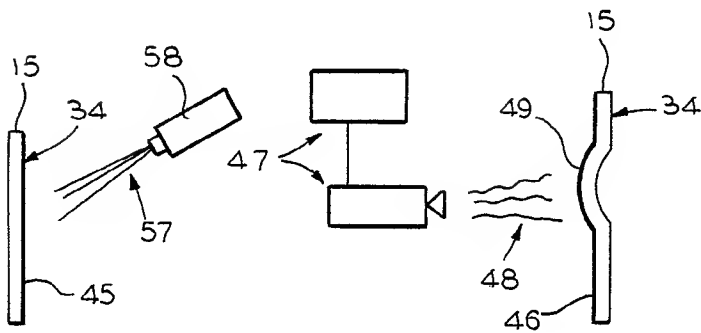
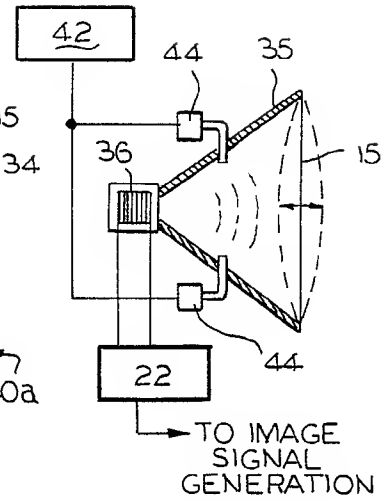
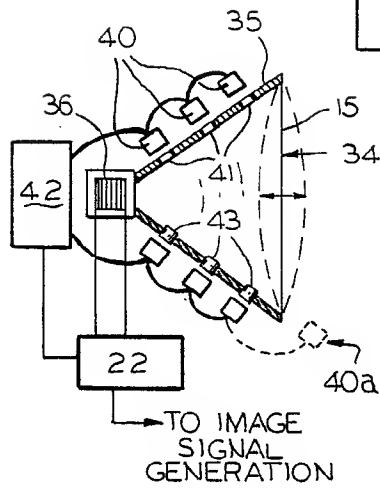
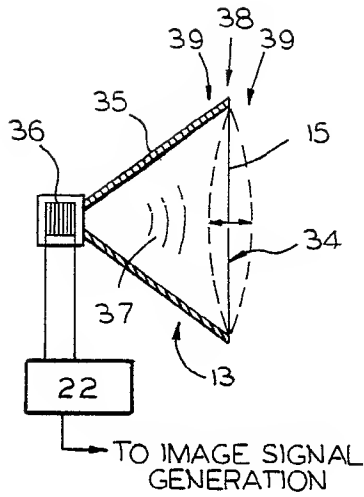
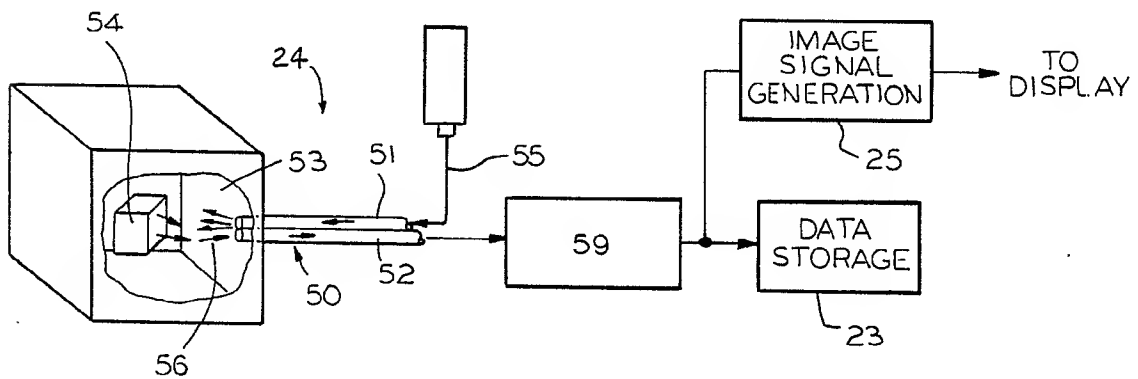
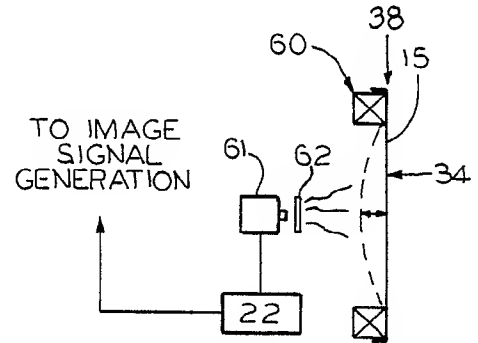


FIG. 7





DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			EP 87113968.9
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. Cl. 4)
A	DE - B - 1 268 187 (PHILIPS) * Fig. 1; column 2, line 39 - column 2, line 15; fig. 3,4,9 *	1-3,15,16	H 04 N 13/04 H 04 N 15/00
	--		
A	US - A - 3 761 154 (SHUPE) * Column 3, line 34 - column 5, line 50 *	1,2	
	--		
A	US - A - 3 621 133 (BAKER) * Fig. 1,2; column 1, line 62 - column 2, line 48 *	1,2,15,16	
	--		
A	US - A - 3 894 182 (YAMAMOTO)		
	--		
A	US - A - 3 349 174 (WARSCHAUER)		
	----		
The present search report has been drawn up for all claims			<b>TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int. Cl. 4)</b>  H 04 N 3/00 H 04 N 5/00 H 04 N 13/00 H 04 N 15/00 G 02 B 27/00 G 03 H 1/00 G 03 H 3/00
Place of search VIENNA		Date of completion of the search 13-01-1988	Examiner BENISCHKA
<b>CATEGORY OF CITED DOCUMENTS</b> X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document			

(18)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11)

Publication number:

**0 196 862**  
**A2**

(12)

# EUROPEAN PATENT APPLICATION

(21)

Application number: 86302192.9

(61)

Int. Cl.<sup>4</sup>: G 21 K 4/00

(22)

Date of filing: 25.03.86

(30)

Priority: 26.03.85 JP 61563/85

(43)

Date of publication of application:  
08.10.86 Bulletin 86/41

(84)

Designated Contracting States:  
DE FR GB

(71)

Applicant: SONY CORPORATION  
7-35 Kitashinagawa 6-Chome Shinagawa-ku  
Tokyo 141(JP)

(72)

Inventor: Tateyama, Norihiro Patents Division  
Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa  
Shinagawa-ku Tokyo 141(JP)

(72)

Inventor: Yamazaki, Kazuo Patents Division  
Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa  
Shinagawa-ku Tokyo 141(JP)

(72)

Inventor: Kato, Hiroshi Patents Division  
Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa  
Shinagawa-ku Tokyo 141(JP)

(72)

Inventor: Teshima, Haruhito Patents Division  
Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa  
Shinagawa-ku Tokyo 141(JP)

(74)

Representative: Cotter, Ivan John et al,  
D. YOUNG & CO. 10 Staple Inn  
London WC1V 7RD(GB)

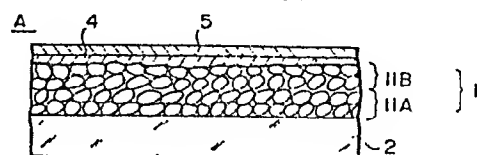
(54)

Cathode ray tubes.

(57)

A cathode ray tube includes a fluorescent screen (11) formed on an inner surface of a face plate (2) thereof and a metal backing layer (5) formed on the fluorescent screen. The fluorescent screen (11) comprises a fluorescent material which includes fluorescent particles and has a composition such that an amount of not less than 0.6 parts by weight of SiO<sub>2</sub> per 100 parts by weight of fluorescent particles is present in a portion (11A) of the material that contacts the face plate (2), the amount of SiO<sub>2</sub> being insufficient to cause the brightness of the fluorescent particles to deteriorate, and not more than 0.3 parts by weight of SiO<sub>2</sub> per 100 parts by weight of fluorescent particles is present in a portion (11B) of the fluorescent material that faces the metal backing layer (5).

## FIG. 2



EP 0 196 862 A2

CATHODE RAY TUBES

This invention relates to cathode ray tubes and, more particularly, to fluorescent screens formed on inner surfaces of face plates of cathode ray tubes.

Several types of projectors have been suggested for enlarging and projecting an image of a cathode ray tube on a screen. The most common type of projector uses a so-called projection type display. The cathode ray tube for the projector is usually energised at a level of approximately fifteen to twenty times that of ordinary colour cathode ray tubes, thereby causing a fluorescent material of a screen of the tube to emit higher intensity light. With a small size projector tube, however, the power required may be so high that it is likely that the fluorescent material layer will separate from the face plate under the action of the electron beam energy applied.

In a typical previously proposed cathode ray tube structure, an outer surface of the tube constitutes a face plate and a fluorescent material layer is formed on the inner surface of the face plate. A metal backing layer is usually provided behind the fluorescent screen, and is formed by vacuum deposition. An intermediate layer, such as an acrylic resin, is usually interposed between the back of the fluorescent screen and the front of the metal backing layer. This type of fluorescent screen, as previously mentioned, has disadvantages when used as a projector of the type mentioned above.

According to the present invention there is provided a cathode ray tube having a face plate, a fluorescent screen including fluorescent material formed on an inner surface of the face plate, and a metal backing layer on the fluorescent screen, wherein the fluorescent material includes fluorescent particles and the composition of the material is such that an amount of not less than 0.6 parts by weight of fluorescent particles is present in a portion of the material that contacts the face plate, the amount being insufficient to cause the brightness of the fluorescent particles to deteriorate, and not more than 0.3 parts by weight of  $\text{SiO}_2$  per 100 parts by weight of fluorescent particles is present in a portion of the material that

faces the metal backing layer.

A preferred form of cathode ray tube embodying the present invention and described hereinbelow has a fluorescent screen which substantially eliminates or at least alleviates the problem of separation on the face plate of the tube. Also, in the preferred cathode ray tube, the metal backing layer formed on the fluorescent screen is rendered free from deterioration due to moisture. The preferred cathode ray tube is particularly (but not exclusively) suitable for use in a colour projector requiring high electrical power.

The invention will now be further described, by way of illustrative and non-limiting example, with reference to the accompanying drawing, in which:

Figure 1 is a side elevational view, with portions broken away, of the overall structure of a cathode ray tube embodying the present invention;

Figure 2 is an enlarged cross-sectional view of an area indicated at A in Figure 1; and

Figure 3 is a cross-sectional view, similar to Figure 2, illustrating a fluorescent screen of a previously proposed cathode ray tube.

Figure 3 shows a fluorescent screen of a previously proposed cathode ray tube which comprises a face plate 2, a fluorescent material layer 3 formed on the inner surface of the face plate, and a metal backing layer 5 formed by vacuum deposition and located behind the fluorescent layer 3. An intermediate layer 4, which is composed for example of an acrylic resin, is interposed between the fluorescent material 3 and the metal backing layer 5. This type of fluorescent screen, as described above, does not function satisfactorily if used to project images under conditions of high power.

In an attempt to prevent the separation of the fluorescent material layer 3 from the face plate 2, the present inventors added  $\text{SiO}_2$  powder to the fluorescent material layer 3. The addition of the  $\text{SiO}_2$  powder caused the adhesion between the fluorescent material layer 3 and the face plate 2 to be improved. However, the fluorescent material layer 3 became too smooth on its surface, leading to a problem that the metal backing layer 5 (of aluminium) was more liable to separate. In addition, since  $\text{SiO}_2$  powder has a high moisture absorption, the aluminium backing layer 5 was attacked, causing black-point defects.

In accordance with an embodiment of the present invention shown in

Figures 1 and 2, a cathode ray tube 1 comprising a face plate 2 has a fluorescent screen 11 on the inner surface of the face plate 2. The fluorescent screen 11 is covered with a metal backing layer 5, which may for example be composed of aluminium. The face plate 2 is bonded to a funnel-shaped portion 6 of the tube 1 around the periphery of the face plate 2 by a frit sealer 7.

In this embodiment of the present invention, the fluorescent screen 11 is in the form of a layer whose characteristics on opposite sides differ from one another. A first side 11A of the screen 11, which side contacts the face plate 2, includes not less than 0.6 parts by weight of  $\text{SiO}_2$  per 100 parts by weight of fluorescent particles in the screen 11. The second side 11B, which side faces the metal backing layer 5, is free of  $\text{SiO}_2$  or includes not more than 0.3 parts by weight of  $\text{SiO}_2$  per 100 parts by weight of the fluorescent particles. The upper limit of the  $\text{SiO}_2$  content at the first side 11A, which contacts the face plate 2, is such that the brightness of the fluorescent screen 11 is not deteriorated by the addition of the  $\text{SiO}_2$ . The second side 11B may be formed with the metal backing layer 5 with an intermediate layer 4, such as a conventional acrylic resin layer as shown in Figure 2, disposed therebetween.

Since the fluorescent screen 11 contains  $\text{SiO}_2$  in an amount of not less than 0.6 parts by weight at the side 11A contacting the face plate 2, good adhesion to the face plate 2 is ensured. On the other hand, the other side 11B of the fluorescent screen 11 facing the metal backing layer 5 is free of  $\text{SiO}_2$  or has an  $\text{SiO}_2$  content not greater than 0.3 parts by weight per 100 parts of the fluorescent particles so that the surface has suitable irregularities and the adhesion between the metal backing layer 5 and the fluorescent screen 11 is high. At the same time, the second side 11B has a smaller amount of  $\text{SiO}_2$  and thus has a reduced moisture absorption so that the metal backing layer 5 is not undesirably attacked.

The fabrication of the fluorescent screen 11 can be accomplished as follows. First, a fluorescent paste which contains not less than 0.6 parts by weight of  $\text{SiO}_2$  per 100 parts of a fluorescent material is made up. The paste includes fluorescent material particles, a binder, and  $\text{SiO}_2$  powder dispersed in a solvent. The fluorescent material may be any of the materials ordinarily used for these purposes, typical of which are the following:

$\text{Y}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}:\text{Tb}$	(green)
$\text{ZnS}:\text{Ag}$	(blue)
$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$	(red).

5           The binder may be a cellulose derivative such as ethyl cellulose, nitrocellulose, or the like, or a synthetic resin such as polyvinyl alcohol, as is well known in the art. The  $\text{SiO}_2$  is in the form of a fine powder such as the type commercially available under the designation "Aerosil-200" from Nippon Aerosil Co. Ltd. This powder has a particle size range of 8 to  
10       40 millimicrons ( $10^{-9}$  m).

          The fluorescent paste is prepared by mixing the above ingredients in a suitable mixer such as a ball mill. The paste is printed onto the inner surface of the face plate 2 to a thickness of 20 to 30 microns ( $\text{m}^{-6}$ ), dried, and cooled to form the first layer 11A.

15           Subsequently, another fluorescent paste, which can be substantially the same as that described above except that the  $\text{SiO}_2$  content is not greater than 0.3 parts by weight per 100 parts by weight of the fluorescent material, is made up. This paste is printed on the previously deposited layer or sub-layer 11A to form another layer 11B.

20           Similarly, an intermediate layer 4 is usually formed on the layer 11B by printing a solution of, for example, an acrylic resin, followed by drying, and a metal such as aluminium or the like is vacuum deposited to form the metal backing layer 5. The face plate 2 is then subjected to baking and bonded to the funnel-shaped portion 6 by the frit sealer 7 to obtain the  
25       cathode ray tube 1.

          In the above procedure, the fluorescent screen is formed by a printing technique, but it also may be formed by a slurry method as described hereinbelow.

30           The following examples illustrate the manufacture of a cathode ray tube embodying the present invention.

#### EXAMPLE 1

35           Fluorescent material pastes of the formulations indicated below, comprising  $\text{SiO}_2$  powder ("Aerosil-200"), were made up and were printed on the inner surface of a glass face plate of a cathode ray tube, dried and cooled to form a fluorescent material layer. The fluorescent paste compositions comprised the following ingredients:



Fluorescent material	100 g
Ethyl cellulose	2.5 g
Butyl carbitol	30 g
"Aerosil-200"	suitable amounts (including zero).

5

The composition of the "Aerosil-200" was as follows:

10	$\text{SiO}_2$	:	greater than 99.8%
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	:	greater than 0.05%
	$\text{TiO}_2$	:	greater than 0.03%
	HCl	:	greater than 0.01%.

15 An intermediate layer of an acrylic resin was printed on the fluorescent material layer and dried, followed by vacuum deposition of the metal backing layer of aluminium. Thereafter, the face plate was baked and bonded to a funnel-shaped portion of the tube by a frit sealer to obtain the cathode ray tube.

20 The tubes, in which the content of  $\text{SiO}_2$  powder in the fluorescent layer was varied, were tested by application of an electrical power of  $5 \text{ W/cm}^2$ . The separation of the fluorescent screen, that is the separation of the fluorescent material layer from the face plate, and the separation of the aluminium backing layer from the fluorescent material layer, were observed. The results are shown in the following table:

TABLE

Amount of SiO <sub>2</sub> (based on 100 parts by weight of fluorescent material)	0 parts by wt.	0.3 parts by wt.	0.6 parts by wt.	1.2 parts by wt.	5.0 parts by wt.
Percentage separation of the fluorescent material layer	45%	25%	0%	0%	0%
Separation of the Al backing layer	no	no	yes	yes	yes

5 As is apparent from the above table, when the fluorescent material layer contained not less than 0.6 parts by weight of the SiO<sub>2</sub> powder, separation of the fluorescent material layer from the face plate did not occur. When the fluorescent material layer contained not more than 0.3 parts by weight (including none) of the SiO<sub>2</sub> powder, separation of the  
10 aluminium backing layer from the fluorescent material layer did not take place. It should also be recognised that the aluminium backing layer was not oxidised.

Thus, the fluorescent layer should have not less than 0.6 parts by weight of the SiO<sub>2</sub> powder per 100 parts by weight of the fluorescent  
15 material on the side which contacts the face plate, up to an upper limit which is an amount not sufficient to cause the brightness of the fluorescent material layer to deteriorate, for example 3 parts by weight. On the other hand, the opposite side should be free of the SiO<sub>2</sub> powder or should contain not more than 0.3 parts by weight of the SiO<sub>2</sub> powder per 100 parts by  
20 weight of the fluorescent material.

EXAMPLE 2

This example illustrates manufacture of the fluorescent screen by a printing technique.

A fluorescent paste containing SiO<sub>2</sub> powder and of the formulation

indicated below was printed on the inner surface of the face plate 2 of a cathode ray tube, following by drying and cooling to form the first layer 11A shown in Figures 1 and 2. The formulation was:

5	Fluorescent material	100 g
	Ethyl cellulose	2.5 g
	Butyl carbitol	30 g
	"Aerosil-200"	0.6 g or more.

10 Subsequently, a fluorescent paste free of  $\text{SiO}_2$  was made up and printed over the first fluorescent layer 11A followed by drying and cooling to form the second layer 11B, thereby providing a double-layer structure. The composition of the fluorescent paste for the second layer was as follows:

15	Fluorescent material	100 g
	Ethyl cellulose	2.5 g
	Butyl carbitol	30 g.

20 An intermediate layer 4 was printed on the fluorescent screen and dried, after which an aluminium backing layer 5 was vacuum deposited on the intermediate layer 4. After a baking treatment, the face plate 2 was bonded to the funnel-shaped portion 6 by the frit sealer 7 to provide a cathode ray tube 1.

25 With the above arrangement, the first layer 11A contacting the face plate 2 contained  $\text{SiO}_2$  and thus ensured good adhesion to the face plate 2. The second layer 11B facing the metal backing layer 5 did not contain  $\text{SiO}_2$  and thus had appropriate irregularities which ensured good adhesion to the metal backing layer. The second layer 11B had a very small moisture  
30 absorption characteristic such that, when high electric power was applied to the cathode ray tube, the fluorescent screen 11 did not separate from the face plate 2 and the metal backing layer 5 was not attacked.

### EXAMPLE 3

35 This example illustrates the formation of the fluorescent screen by a slurry method.

In this method, a fluorescent paste containing  $\text{SiO}_2$  powder in the

formulation indicated below was applied onto the surface of the face plate 2, dried, exposed to light according to a predetermined pattern, and developed to form the first layer 11A. The composition for the slurry was:

5	Fluorescent material	100 g
	Polyvinyl alcohol (PVA)	5 g
	Ammonium dichromate (ADC)	0.5 g
	"Aerosil-200"	0.6 g or more
	Water	100 cm <sup>3</sup> .

10

Subsequently, another fluorescent slurry having a formulation free of SiO<sub>2</sub> was applied onto the first layer 11A, dried, exposed to light with a desired pattern and developed to form the second layer 11B. The composition of the second layer was:

15

	Fluorescent material	100 g
	Polyvinyl alcohol (PVA)	5 g
	Ammonium dichromate (ADC)	0.5 g
	Water	100 cm <sup>3</sup> .

20

An aluminium backing layer 5 was formed on the fluorescent screen 11 with the intermediate layer 4 of an acrylic resin disposed therebetween. Thereafter, the face plate was baked and frit sealed to a funnel-shaped portion to provide the finished cathode ray tube. The fluorescent screen of the cathode ray tube had substantially the same characteristics as obtained in Example 2.

25

The fluorescent screen 11 has been described in the above examples as having two discrete layers, but any layer arrangement including one layer or a plurality of layers may be used provided that the SiO<sub>2</sub> contents at the side contacting the face plate 2 and the side facing the metal backing layer 5 have the values as described previously.

30

CLAIMS

1. A cathode ray tube (1) having a face plate (2), a fluorescent screen (11) including fluorescent material formed on an inner surface of the face plate (2), and a metal backing layer (5) on the fluorescent screen (11), wherein the fluorescent material includes fluorescent particles and the composition of the material is such that an amount of not less than 0.6 parts by weight of fluorescent particles is present in a portion of the material that contacts the face plate (2), the amount being insufficient to cause the brightness of the fluorescent particles to deteriorate, and not more than 0.3 parts by weight of  $\text{SiO}_2$  per 100 parts by weight of fluorescent particles is present in a portion of the material that faces the metal backing layer (5).
2. A cathode ray tube according to claim 1, wherein the portion of the fluorescent material that faces the metal backing layer is substantially free of  $\text{SiO}_2$ .
3. A cathode ray tube according to claim 1, wherein the fluorescent material appears in two discrete layers, namely a front layer (11A) contacting the inner surface of the face plate (2) and containing  $\text{SiO}_2$  in an amount not less than 0.6 parts by weight per 100 parts by weight of fluorescent particles, and a second layer (11B) immediately adjacent the first layer (11A) and containing not more than 0.3 parts by weight  $\text{SiO}_2$  per 100 parts by weight of fluorescent particles.
4. A cathode ray tube according to claim 3, wherein the second layer (11B) is substantially free of  $\text{SiO}_2$ .
5. A cathode ray tube according to any one of the preceding claims, which includes an intermediate layer (4) of an acrylic resin interposed between the metal backing layer (5) and the portion of the fluorescent material that faces the metal backing layer.

FIG. 1

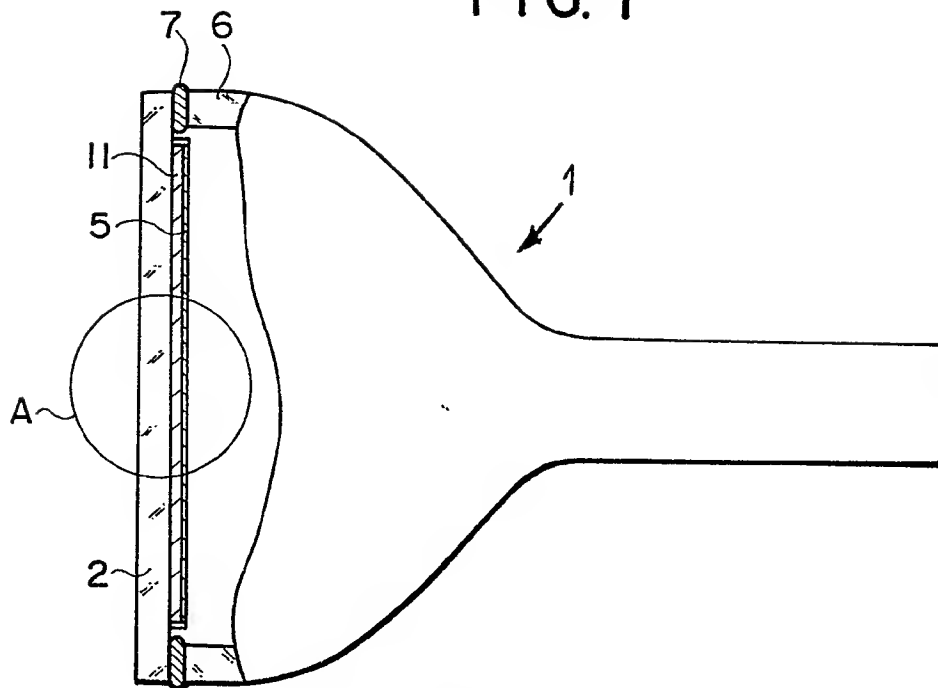


FIG. 2

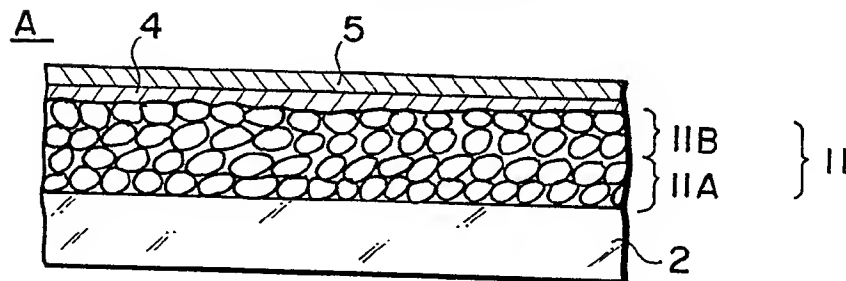
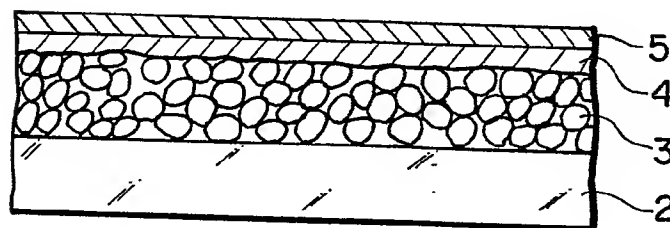


FIG. 3 (PRIOR ART)



(12)

**EUROPEAN PATENT APPLICATION**

(21) Application number: **86302192.9**

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>: **H 01 J 29/20**  
**H 01 J 29/26, C 09 K 11/02**

(22) Date of filing: **25.03.86**

(30) Priority: **26.03.85 JP 61563/85**

(43) Date of publication of application:  
**08.10.86 Bulletin 86/41**

(88) Date of deferred publication of search report: **25.01.89**

(84) Designated Contracting States:  
**DE FR GB**

(71) Applicant: **SONY CORPORATION**  
**7-35 Kitashinagawa 6-Chome Shinagawa-ku**  
**Tokyo 141(JP)**

(72) Inventor: **Tateyama, Norihiro Patents Division**  
**Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa**  
**Shinagawa-ku Tokyo 141(JP)**

(72) Inventor: **Yamazaki, Kazuo Patents Division**  
**Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa**  
**Shinagawa-ku Tokyo 141(JP)**

(72) Inventor: **Kato, Hiroshi Patents Division**  
**Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa**  
**Shinagawa-ku Tokyo 141(JP)**

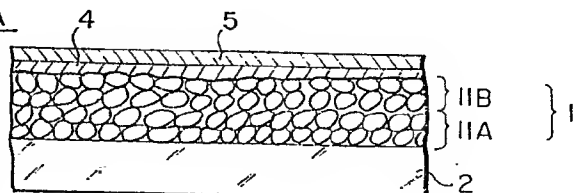
(72) Inventor: **Teshima, Haruhito Patents Division**  
**Sony Corporation 6-7-35 Kitashinagawa**  
**Shinagawa-ku Tokyo 141(JP)**

(74) Representative: **Cotter, Ivan John et al,**  
**D. YOUNG & CO. 10 Staple Inn**  
**London WC1V 7RD(GB)**

(54) **Cathode ray tubes.**

(57) A cathode ray tube includes a fluorescent screen (11) formed on an inner surface of a face plate (2) thereof and a metal backing layer (5) formed on the fluorescent screen. The fluorescent screen (11) comprising a fluorescent material A which includes fluorescent particles and has a composition such that an amount of not less than 0.6 parts by weight of SiO<sub>2</sub> per 100 parts by weight of fluorescent particles is present in a portion (11A) of the material that contacts the face plate (2), the amount of SiO<sub>2</sub> being insufficient to cause the brightness of the fluorescent particles to deteriorate, and not more than 0.3 parts by weight of SiO<sub>2</sub> per 100 parts by weight of fluorescent particles is present in a portion (11B) of the fluorescent material that faces the metal backing layer (5).

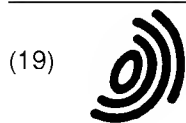
**FIG. 2**





DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. Cl. 4)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 6, no. 21 (E-93)[899], 6th February 1982; & JP-A-56 141 149 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 04-11-1981 * Abstract * ---	1	H 01 J 29/20 H 01 J 29/26 C 09 K 11/02
A	US-A-4 242 371 (J.-P. GALVES) * Claims 1-3 * -----	1	
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int. Cl. 4)
			H 01 J C 09 K
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 26-10-1988	Examiner DROUOT M.C.
<div>CATEGORY OF CITED DOCUMENTS</div> <div>X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document</div> <div>T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons ..... &amp; : member of the same patent family, corresponding document</div>			





Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 150 361 A1**

(12)

**EUROPEAN PATENT APPLICATION**

(43) Date of publication:  
**31.10.2001 Bulletin 2001/44**

(51) Int Cl.7: **H01L 33/00**

(21) Application number: **01201458.5**

(22) Date of filing: **23.04.2001**

(84) Designated Contracting States:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Designated Extension States:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Inventors:  
• **Mueller-Mach, Regina**  
**5656 AA Eindhoven (NL)**  
• **Mueller, Gerd O.**  
**5656 AA Eindhoven (NL)**  
• **Martin, Paul S.**  
**5656 AA Eindhoven (NL)**

(30) Priority: **24.04.2000 US 556770**

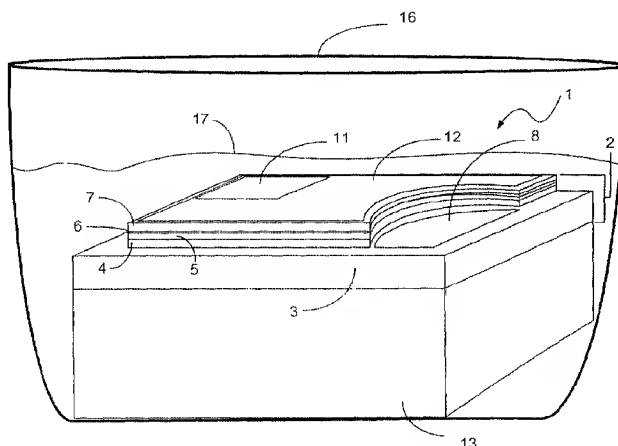
(71) Applicant: **LumiLeds Lighting U.S., LLC**  
**San Jose, CA 95131-1008 (US)**

(74) Representative: **van der Veer, Johannes Leendert**  
**International Octrooibureau B.V.,**  
**Prof. Holstlaan 6**  
**5656 AA Eindhoven (NL)**

(54) **A light emitting diode device that emits white light**

(57) A white-light emitting diode (LED) is provided that emits primary light at a wavelength that is in the range of 485 to 515 nanometers (nm), which corresponds to a bluish-green color. A portion of the primary light is converted into a reddish colored light that ranges in wavelength from approximately 600 to approximately 620 nm. At least a portion of the converted light combines with the unconverted portion of the primary light to produce white light. A number of phosphor-converting elements are suitable for use with the LED, including a resin admixed with a phosphor powder, epoxies admixed with a phosphor powder, organic luminescent

dyes, phosphor-converting thin films and phosphor-converting substrates. Preferably, the phosphor-converting element is a resin admixed with a phosphor powder in such a manner that a portion of the primary light impinging on the resin is converted into the reddish-colored light and a portion of the primary light passes through the resin without being converted. The unconverted primary light and the phosphor-converted reddish-colored light combine to produce white light. The LED is mounted in a reflector cup that is filled with the phosphor-converting resin. The LED may be mounted in either a normal or flip-chip configuration within the reflector cup.



**Fig. 1**

**EP 1 150 361 A1**

## Description

**[0001]** The present invention relates to a light emitting diode device and, more particularly, to a light emitting diode device that produces white light by combining primary bluish-green light with phosphor-converted red-

**[0002]** Light emitting diode devices (LEDs) that are utilized in green traffic lights emit a bluish-green light at wavelengths in the range of approximately 485 to 515 nanometers (nm). The wavelength emission range is specified by law and is a very narrow subset of this range. When these LEDs are produced, they are tested to determine whether or not the emitted light is within the legally specified range. If the LEDs do not meet these specifications, they typically are discarded.

**[0003]** With the development of efficient LEDs that emit light in the spectral range of 450 to 520 nanometers (nm), it has become feasible to produce LEDs that generate white light through phosphor conversion of a portion of the primary emission of the LED to longer wavelengths. An unconverted portion of the primary emission combines with the light of the longer wavelength to produce white light. In order for an LED to produce white light that is good for illumination purposes (i.e., that has good color rendering capabilities), the primary emission should be at a wavelength of less than, for example, 480 nm. However, if the LED is to be used only for signaling or display purposes, the primary emission can be at a wavelength of greater than 480 nm. Phosphor conversion of primary light at a wavelength of greater than 480 nm will still produce light that appears white when viewed directly or through a diffusion screen on which the light impinges. Such an LED would be suitable for use in various types of displays and signaling environments (e.g., pedestrian traffic lights), although it generally would not be suitable for illumination purposes due to its poor color rendering characteristics.

**[0004]** Pedestrian traffic lights are currently the only types of traffic lights that do not utilize LEDs. Pedestrian traffic lights generally use incandescent bulbs for signaling. These bulbs burn out relatively quickly and must be replaced relatively often. It would be desirable to provide an LED that produces white light and that is suitable for this purpose and for other signaling and/or display purposes. LEDs consume less energy than incandescent bulbs and normally have lifetimes that are much greater than incandescent bulbs. Consequently, LEDs require less maintenance and can potentially provide a more economic solution than incandescent bulbs in these types of environments.

**[0005]** Accordingly, a need exists for a white-light emitting LED that is suitable for signaling and/or display purposes.

**[0006]** The present invention provides a white-light emitting diode (LED) that emits primary light at a wavelength that is in the range of approximately 485 to approximately 515 nm, which corresponds to a color of bluish-green.

A portion of the primary light is converted into a reddish-colored light that ranges in wavelength from approximately 600 to approximately 620 nm. At least a portion of the converted light combines with the unconverted portion of the primary light to produce white light. The LED comprises a substrate and a light-emitting structure, which is disposed on a surface of the substrate. The light-emitting structure emits the primary light that impinges on a phosphor-converting element to produce the reddish-colored light that combines with bluish-green light to produce white light.

**[0007]** A number of phosphor-converting elements are suitable for use with the LED of the present invention, including a resin admixed with a phosphor powder, epoxies admixed with a phosphor powder, organic luminescent dyes, phosphor-converting thin films and phosphor-converting substrates. Preferably, the phosphor-converting element is a resin admixed with a phosphor powder in such a manner that a portion of the primary light impinging on the resin is converted into the reddish-colored light and a portion of the primary light passes through the resin without being converted. The unconverted primary light and the phosphor-converted reddish-colored light combine to produce white light. In accordance with this embodiment, the LED is mounted in a reflector cup that is filled with the phosphor-converting resin. The LED can be mounted in either a normal or flip-chip configuration within the reflector cup.

**[0008]** Other features and advantages of the present invention and variations thereof will become apparent from the following description, drawings and claims.

**[0009]** Fig. 1 is a perspective view of the LED of the present invention in accordance with a first embodiment, wherein the LED is disposed within a reflector cup that is filled with a phosphor-converting resin.

**[0010]** Fig. 2 is a perspective view of the LED of the present invention in accordance with a second embodiment, wherein the LED is disposed in a flip-chip configuration within a reflector cup that is filled with a phosphor-converting resin.

**[0011]** Fig. 3 is a plan view of a diffusing element that may be utilized with the white-light emitting LED of the present invention shown in FIGS. 1 and 2 to provide a light-emitting device that is diffuse in nature and thus suitable for signaling and/or display purposes.

**[0012]** Fig. 1 is a perspective view of the light emitting diode (LED) 1 of the present invention in accordance with a first embodiment, wherein the LED is mounted within a reflector cup. The LED 1 of the present invention is not limited to any particular LED design, except that it must be capable of emitting primary light that ranges in wavelength from approximately 485 nm to approximately 515 nm, which generally is a bluish-green color. As stated above, LEDs that are designed for use in green traffic lights produce light of a bluish-green color. Preferably, such an LED is utilized in accordance with the present invention because LEDs that are designed for that particular purpose that do not meet the afore-

mentioned specifications are typically discarded. The present invention can make use of such LEDs to produce white-light emitting LEDs that are suitable for signaling and/or display purposes, but which generally are not designed to meet industry standards for illumination.

**[0013]** The LED 1 comprises, for example, a light emitting structure 2, which comprises two n-GaN layers 3 and 4, a SQW or MQW GaInN layer 5, a p-AlGaIn layer 6 and a p-GaN layer 7. The light emitting structure 2 also comprises an n-electrode bond pad 8, an n-electrode 3, a p-electrode bond pad 11 and a p-electrode 12. The n-electrode 3 is comprised of GaN. The electrode bond pads 8 and 11, when connected to a power supply (not shown), provide the biasing current that causes the LED 1 to emit the primary light that is bluish-green and ranges in wavelength from approximately 485 to approximately 515 nm.

**[0014]** It should be noted that the materials used for creating the LED 1 are not limited to the materials discussed above with reference to FIG. 1. Those skilled in the art will understand that the LED 1 can be comprised of various types of materials. As stated above, the LED 1 is not limited to any particular type of LED, with the exception that the LED device utilized in accordance with the present invention by one that emits a primary light that is bluish-green in color and ranges in wavelength from approximately 485 to 515 nm. Those skilled in the art will understand that various LEDs are known that are suitable for this purpose.

**[0015]** The light emitting structure 2 that generates the primary emission preferably is grown epitaxially on either a sapphire ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) or silicon carbide (SiC) substrate 13, which are both transparent to the primary emission. In accordance with the embodiment shown in FIG. 1, the LED 1 is mounted in a reflector cup 16 in a configuration that is commonly referred to as a "normal" mounting configuration. The reflector cup preferably is filled with a phosphor-converting resin 17. Alternatively, the reflector cup 16 could be filled with an epoxy or a luminescent dye. During operation, when the LED 1 is driven, primary radiation emitted by the LED 1 impinges on the phosphor-converting resin 17. A portion of the primary radiation impinging on the resin 17 is converted by the resin 17 into reddish light. The reddish light ranges in wavelength from approximately 600 to approximately 620 nm. An unconverted portion of the primary radiation passes through the resin and combines with the reddish light to produce white light.

**[0016]** Fig. 2 is a perspective view of the LED 1 of the present invention in accordance with an alternative embodiment, wherein the LED 1 is mounted within the reflector cup 16 in a "flip-chip" mounting configuration. Therefore, the various components of the LED 1 will not be reiterated. In a flip-chip mounting configuration, the p-electrode bond pad 11 is electrically coupled by a conductive element (not shown) to the inner surface of the reflector cup 16, which is comprised of a conductive material. As with the embodiment shown in Fig. 1, the re-

lector cup 16 preferably is filled with a phosphor-converting resin 17. Alternatively, the reflector cup could be filled with a phosphor-converting epoxy or with a phosphor converting dye. The substrate 13 is transparent and the p-electrode 12 is reflective such that the primary emissions generated by the light emitting structure are reflected away from the p-electrode 12 and pass through the substrate 13 and into the resin 17. As with the embodiment shown in Fig. 1, the substrate 13 may be comprised of a variety of materials, including sapphire and silicon carbide, both of which are transparent to the primary emission. However, in accordance with the embodiment shown Fig. 2, the p-electrode 12 is reflective, whereas with the embodiment shown in Fig. 1, the p-electrode 12 is transparent.

**[0017]** It should be noted that the primary light may comprise light having more than one wavelength. Similarly, the light emitted by the phosphor-converting element in response to excitation by the primary light may comprise light of more than one wavelength. For example, the primary light emitted by the light emitting structure 2 may correspond to a plurality of wavelengths making up a spectral band. Likewise, the reddish-colored light emitted by the resin 17 may correspond to a plurality of wavelengths making up a spectral band. Wavelengths in these spectral bands may then combine to produce white light. Therefore, although individual wavelengths are discussed herein for purposes of explaining the concepts and principles of the present invention, it will be understood by those skilled in the art that the excitation being discussed herein may be caused by and result in the emission of a plurality of wavelengths, or a spectral band. Therefore, the term "spectral band" is intended to denote a band of at least one wavelength and of potentially many wavelengths. The term "wavelength" is intended to denote the wavelength of the peak intensity of a spectral band.

**[0018]** The phosphor-converting resin 17 preferably is a resin comprising phosphor selected from the phosphor family chemically identified as  $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})\text{S}:\text{Eu}^{2+}$ . One phosphor selected from this family is strontium sulfide doped with europium, which is chemically defined as  $\text{SrS}:\text{Eu}^{2+}$  and which has a peak emission at 610 nm. However, other phosphors may be admixed with resin to produce the phosphor converting resin 17, as will be understood by those skilled in the art. Rather than using phosphor-converting resins, dyes or epoxies, other types of phosphor converting elements may also be used, including phosphor-converting thin films, phosphor-converting substrates, or various combinations of these elements. Phosphor-converting thin films and phosphor-converting substrates that are suitable for this purpose are disclosed in copending U.S. patent applications Serial Nos. 09/407,231, 09/407,228 and 09/405,938, all filed on September 27, 1999, which are assigned to the assignee of the present application and which are hereby incorporated by reference herein in their entirety.

[0019] These applications also discuss the manner in which these phosphor converting elements may be utilized to perform phosphor conversion. The manner in which these various types of phosphor-converting elements can be used in accordance with the LED of the present invention to convert a portion of the primary bluish-green light emitted by the LED into a reddish-colored light that combines with the unconverted portion of the primary bluish-green light to produce white light will be understood by those skilled in the art. Therefore, the manner in which these phosphor-converting elements can be utilized in accordance with the present invention will not be discussed herein.

[0020] The LED of the present invention will produce white light that is suitable for signaling and display purposes, but generally not for illumination purposes. When one or more LEDs of the present invention are used in conjunction with a diffusing element, such as the diffusing element 25 shown in FIG. 3, the roughened nature of the diffusing element, which is intended to be represented by the hash marks 26 of the diffusing element 25, will cause the white light to be diffuse, or spread out or soften. The diffusing element 25 could represent the frosted diffuser plate of a pedestrian "WALK" traffic light, for example. Those skilled in the art will understand the manner in which the LED of the present invention could be used with various types of diffusers to provide useful functions. It should also be noted that the diffuser could simply be the front surface of the resin dome covering the LED.

[0021] It should be noted that the present invention has been described with respect to various embodiments in order to illustrate the concepts and principles of the present inventions. However, the present invention is not limited to these embodiments. Those skilled in the art will understand that various modifications can be made to the embodiments discussed herein that are within the scope of the present invention. For example, although the present invention has been discussed with respect to an LED comprised of certain materials, those skilled in the art will understand that the present invention is not limited to an LED comprised of those materials. Also, although the present invention has been described in detail with respect to the reflector cup mounting configurations shown in Figs. 1 and 2, those skilled in the art will understand that the present invention is not limited to these particular mounting configurations. Similarly, the present invention is not limited exclusively to the phosphor-converting elements discussed herein. Those skilled in the art will understand that variations can be made with respect to all of these aspects of the embodiments discussed above without deviating from the scope of the present invention.

#### Claims

1. A light emitting diode (LED) device for generating

white light, the light emitting diode device comprising:

a light emitting device, the light emitting device emitting primary radiation when driven, the primary radiation having at least one wavelength in the range of approximately 485 to approximately 515 nanometers (nm); and  
a phosphor-converting element located to receive primary radiation generated by the light emitting device, the primary radiation impinging on the phosphor converting element, wherein a first portion of the primary radiation received by the phosphor-converting element passes through the phosphor-converting element and remains unconverted, and wherein a second portion of the primary radiation received by the phosphor-converting element is converted into light of a longer wavelength than the primary radiation, and wherein the first portion of the primary radiation and the light of the longer wavelength combine to produce white light.

2. The light emitting diode (LED) device of claim 1, wherein the light of the longer wavelength includes at least one wavelength in the range of approximately 600 to 620 nm.
3. The light emitting diode (LED) device of claim 1, further comprising:  
a reflector cup, the substrate, the light emitting device and the phosphor converting element being disposed within the reflector cup, the reflector cup having an opening through which white light produced by the LED device passes.
4. The light emitting diode (LED) device of claim 3, wherein the phosphor converting element includes a resin admixed with phosphor, and wherein the reflector cup is filled with the resin mixture to an extent that the substrate and the light emitting device are substantially submerged in the resin mixture.
5. The light emitting diode (LED) device of claim 4, wherein the LED device is utilized for signaling purposes.
6. The light emitting diode (LED) device of claim 4, further comprising a diffusion screen for display purposes.
7. The light emitting diode (LED) device of claim 4, wherein the substrate is transparent to the primary radiation, and wherein the LED device is mounted in a "flip-chip" mounting configuration within the reflector cup.
8. The light emitting diode (LED) device of claim 4,

wherein the substrate is opaque to the primary radiation, and wherein the LED device is mounted in a "normal" mounting configuration within the reflector cup.

9. The light emitting diode (LED) device of claim 4, wherein resin is admixed with phosphor selected from the phosphor family chemically identified as (Sr,Ca,Ba)S:Eu<sup>2+</sup>.

10. The light emitting diode (LED) device of claim 9, wherein the phosphor is strontium sulfide doped with europium, which is chemically defined as SrS:Eu<sup>2+</sup>.

11. The light emitting diode (LED) device of claim 3, wherein the phosphor converting element is an epoxy admixed with phosphor, the reflector cup being filled with the epoxy mixture to an extent that the substrate and the light emitting device are substantially submerged in the epoxy mixture.

12. The light emitting diode (LED) device of claim 11, wherein the LED device is utilized for signaling purposes.

13. The light emitting diode (LED) device of claim 11, further comprising a diffusion screen for display purposes.

14. The light emitting diode (LED) device of claim 11, wherein the substrate is transparent to the primary radiation, and wherein the LED device is mounted in a "flip-chip" mounting configuration within the reflector cup.

15. The light emitting diode (LED) device of claim 11, wherein the substrate is opaque to the primary radiation, and wherein the LED device is mounted in a "normal" mounting configuration within the reflector cup.

16. The light emitting diode (LED) device of claim 3, wherein the phosphor converting element is an organic luminescent dye, the reflector cup being filled with the dye to an extent that the substrate and the light emitting structure are substantially submerged in the dye.

17. The light emitting diode (LED) device of claim 16, wherein the LED device is utilized for signaling purposes.

18. The light emitting diode (LED) device of claim 16, wherein the LED device is utilized in conjunction with a diffusion screen for display purposes.

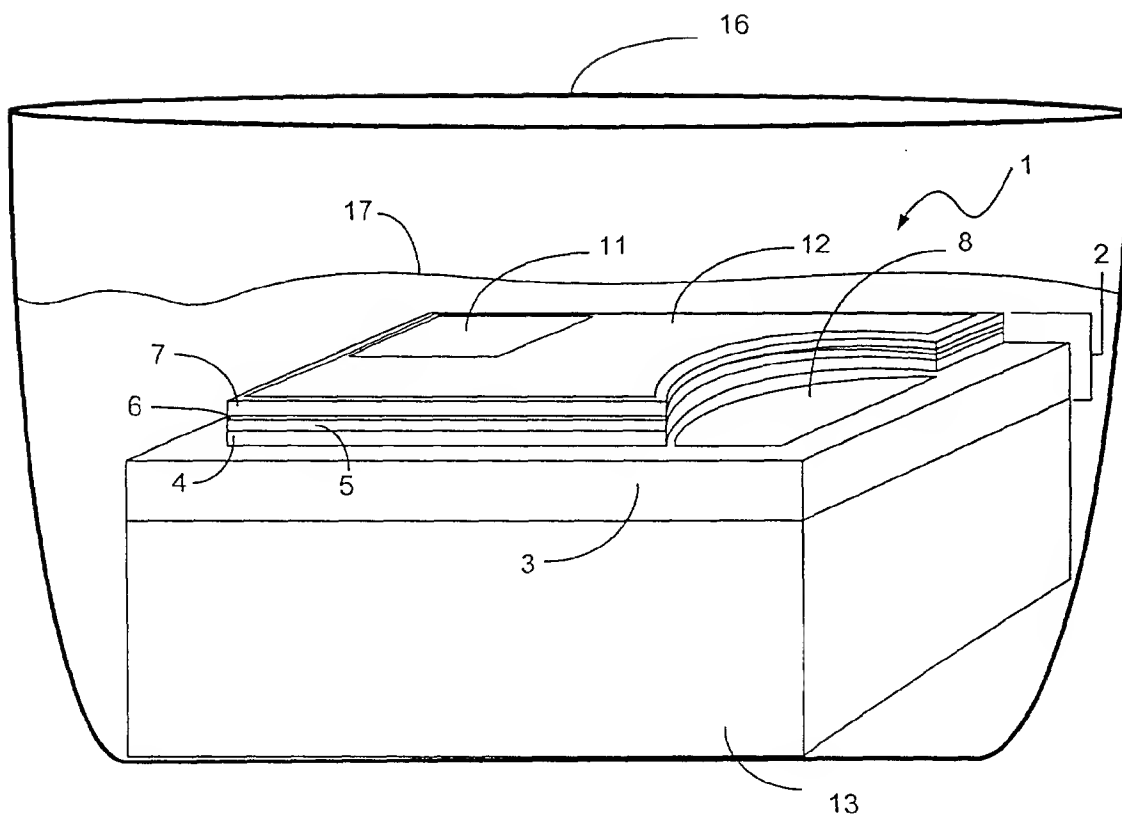
19. The light emitting diode (LED) device of claim 16,

wherein the substrate is transparent to the primary radiation, and wherein the LED device is mounted in a "flip-chip" configuration within the reflector cup.

20. The light emitting diode (LED) device of claim 16, wherein the substrate is opaque to the primary radiation, and wherein the LED device is mounted in a "normal" mounting configuration within the reflector cup.

21. The light emitting diode (LED) device of claim 1, wherein the phosphor converting element is a phosphor-converting thin film.

22. A light emitting diode (LED) device of claim 1, wherein the phosphor-converting element is a phosphor-converting substrate, the phosphor-converting substrate, the light emitting device being disposed on the phosphor-converting substrate.



**Fig. 1**

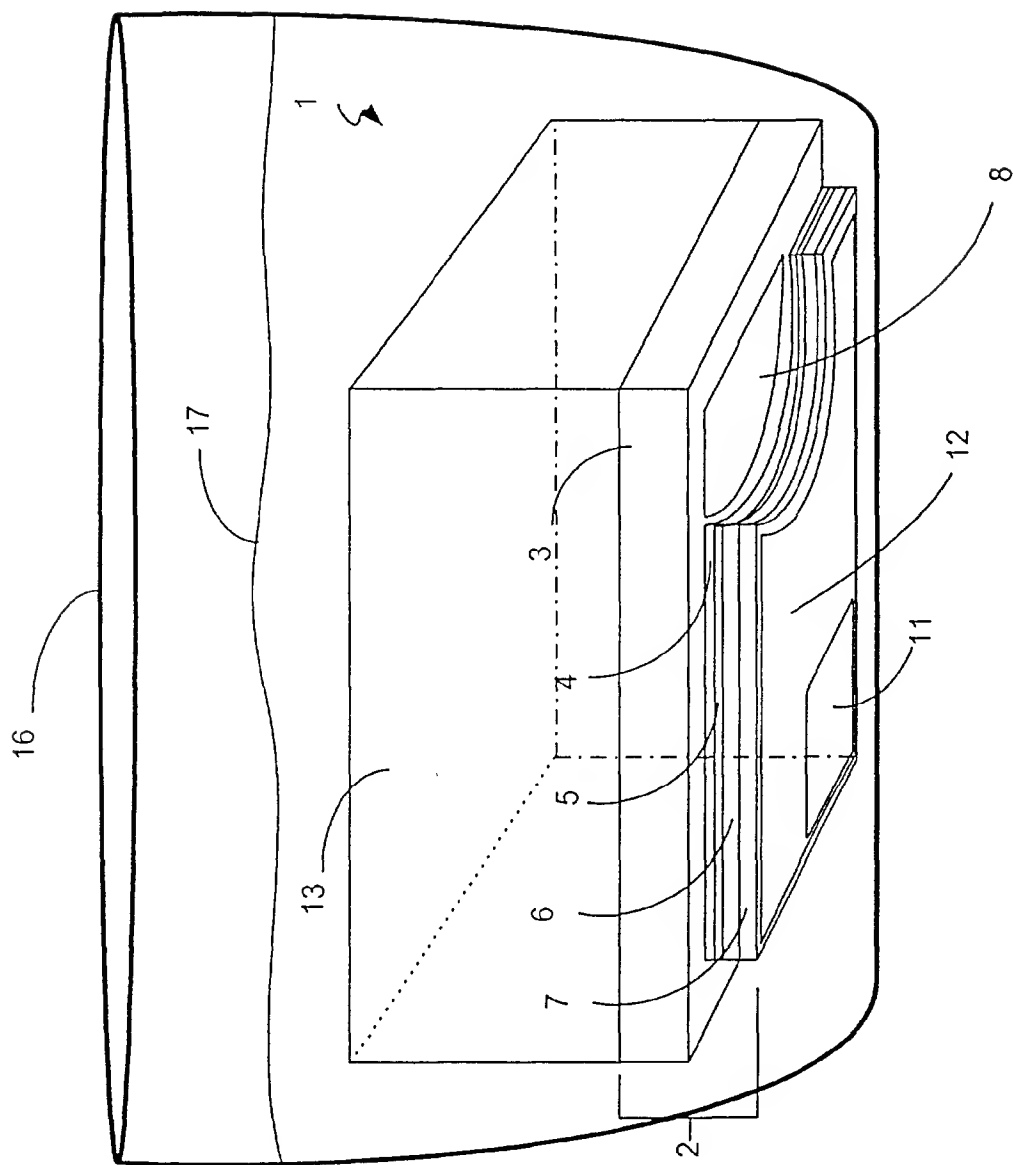
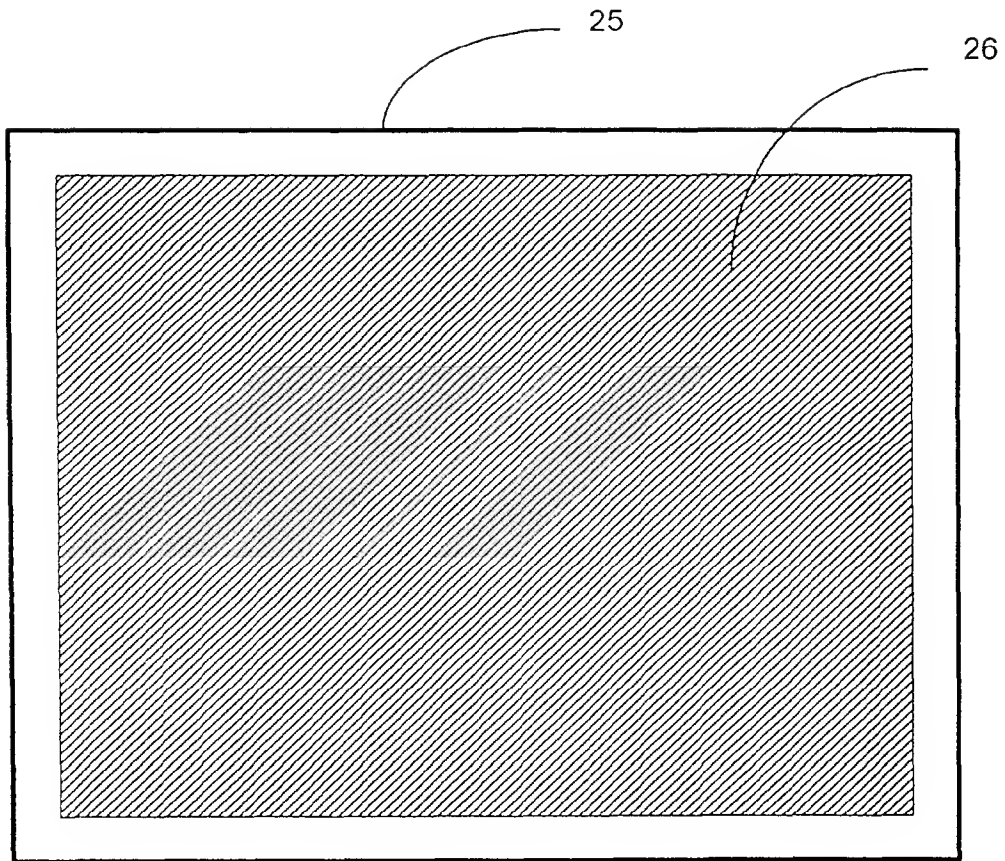


Fig. 2



***Fig. 3***





European Patent  
Office

# EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number  
EP 01 20 1458

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
X	EP 0 936 682 A (NICHIA KAGAKU KOGYO KK) 18 August 1999 (1999-08-18) * page 5, line 25-37 *	1-5, 11, 12	H01L33/00
A	* page 6, line 51 - page 13, line 4 *	16, 17	
Y	EP 0 977 278 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 2 February 2000 (2000-02-02) * column 6, line 15 - column 7, line 4 *	1-3, 22	
Y	EP 0 971 421 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 12 January 2000 (2000-01-12) * page 12, line 5 - page 13, line 53; figure 9 *	1-3, 22	
A	---	7, 8, 14, 15, 19, 20	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)  H01L F21Q
A	WO 97 50132 A (SCHNEIDER JUERGEN ;HOEHN KLAUS (DE); REEH ULRIKE (DE); STATH NORBE) 31 December 1997 (1997-12-31) * page 3, line 7-29; figures *	1-6, 8, 11-13, 15, 21	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31 May 1999 (1999-05-31) & JP 11 040848 A (MATSUSHITA ELECTRON CORP), 12 February 1999 (1999-02-12) * abstract *	7, 14, 19	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 11, 30 September 1998 (1998-09-30) & JP 10 163526 A (MATSUSHITA ELECTRON CORP), 19 June 1998 (1998-06-19) * abstract *	1, 21, 22	
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search <b>THE HAGUE</b>		Date of completion of the search <b>2 July 2001</b>	Examiner <b>De Laere, A</b>
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X: particularly relevant if taken alone Y: particularly relevant if combined with another document of the same category A: technological background O: non-written disclosure P: intermediate document T: theory or principle underlying the invention E: earlier patent document, but published on, or after the filing date D: document cited in the application L: document cited for other reasons &: member of the same patent family, corresponding document			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C01)



European Patent  
Office

# EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number  
EP 01 20 1458

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
P, X  A	WO 00 63977 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 26 October 2000 (2000-10-26) * the whole document *  -----	1,2  3-5, 9-12, 15-17	
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search	Date of completion of the search	Examiner	
THE HAGUE	2 July 2001	De Laere, A	
<p>CATEGORY OF CITED DOCUMENTS</p> <p>X : particularly relevant if taken alone  Y : particularly relevant if combined with another document of the same category  A : technological background  O : non-written disclosure  P : intermediate document</p> <p>T : theory or principle underlying the invention  E : earlier patent document, but published on, or after the filing date  D : document cited in the application  L : document cited for other reasons  &amp; : member of the same patent family, corresponding document</p>			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C01)

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT  
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 01 20 1458

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

02-07-2001

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0936682 A	18-08-1999	AT 195831 T	15-09-2000
		AU 720234 B	25-05-2000
		AU 3635597 A	20-02-1998
		BR 9710792 A	11-01-2000
		DE 69702929 D	28-09-2000
		DE 69702929 T	01-02-2001
		DK 936682 T	30-10-2000
		GR 3034493 T	29-12-2000
		CN 1268250 A	27-09-2000
		DE 29724458 U	26-04-2001
		EP 1017111 A	05-07-2000
		EP 1017112 A	05-07-2000
		EP 1045458 A	18-10-2000
		ES 2148997 T	16-10-2000
		WO 9805078 A	05-02-1998
		JP 2927279 B	28-07-1999
		JP 10242513 A	11-09-1998
		JP 2000208815 A	28-07-2000
		PT 936682 T	31-01-2001
		TW 383508 B	01-03-2000
		US 6069440 A	30-05-2000
		US 2001001207 A	17-05-2001
		US 5998925 A	07-12-1999
EP 0977278 A	02-02-2000	JP 2000049374 A	18-02-2000
		JP 2000150961 A	30-05-2000
EP 0971421 A	12-01-2000	JP 3087742 B	11-09-2000
		JP 2000082845 A	21-03-2000
		JP 3087743 B	11-09-2000
		JP 2000150960 A	30-05-2000
		TW 406442 B	21-09-2000
WO 9750132 A	31-12-1997	DE 19625622 A	02-01-1998
		DE 19638667 A	02-04-1998
		BR 9709998 A	10-08-1999
		CN 1228873 A	15-09-1999
		EP 0907969 A	14-04-1999
		JP 2000512806 T	26-09-2000
		US 2001000622 A	03-05-2001
		US 2001002049 A	31-05-2001
		BR 9706787 A	13-04-1999
		WO 9812757 A	26-03-1998
		DE 29724284 U	21-09-2000
		DE 29724382 U	21-12-2000
		EP 0862794 A	09-09-1998

EPO FORM P4459

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT  
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 01 20 1458

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

02-07-2001

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9750132 A		JP 11500584 T JP 2000236112 A US 6245259 B	12-01-1999 29-08-2000 12-06-2001
JP 11040848 A	12-02-1999	NONE	
JP 10163526 A	19-06-1998	NONE	
WO 0063977 A	26-10-2000	EP 1088350 A	04-04-2001

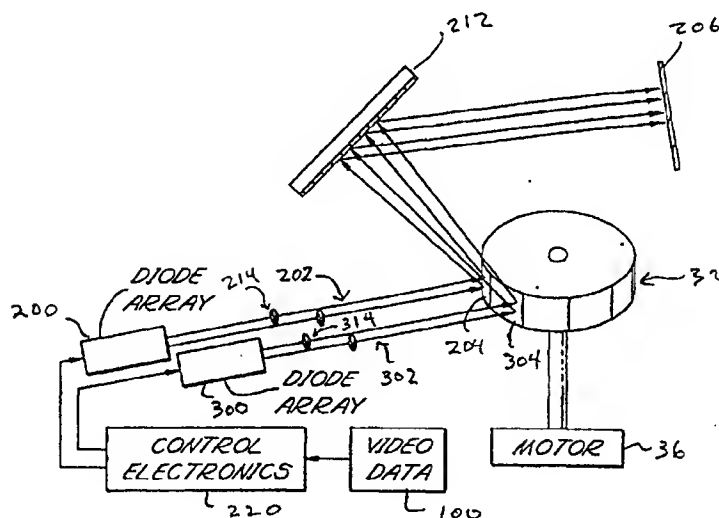
EPO FORM P0459

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

<p>(51) <b>International Patent Classification</b> <sup>6</sup> :  <b>G02B 26/08, G02F 1/00, H04N 3/08,  5/74, 9/31</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) <b>International Publication Number:</b> <b>WO 00/20912</b></p> <p>(43) <b>International Publication Date:</b> 13 April 2000 (13.04.00)</p>
<p>(21) <b>International Application Number:</b> PCT/US99/23414</p> <p>(22) <b>International Filing Date:</b> 8 October 1999 (08.10.99)</p> <p>(30) <b>Priority Data:</b>  09/169,163 8 October 1998 (08.10.98) US</p> <p>(63) <b>Related by Continuation (CON) or Continuation-in-Part (CIP) to Earlier Application</b>  US 09/169,163 (CON)  Filed on 8 October 1998 (08.10.98)</p> <p>(71) <b>Applicant</b> (for all designated States except US): <b>ADVANCED LASER TECHNOLOGIES, INC.</b> [US/US]; 3597 Padaro Lane, Carpinteria, CA 93013 (US).</p> <p>(72) <b>Inventor; and</b></p> <p>(75) <b>Inventor/Applicant</b> (for US only): <b>CONEMAC, Donald, C.</b> [US/US]; 4430 Autumn Glen Court, Moorpark, CA 93021 (US).</p> <p>(74) <b>Agents:</b> <b>HENTY, David, L. et al.; Graham &amp; James LLP</b>, 14th floor, 801 S. Figueroa Street, Los Angeles, CA 90017-5554 (US).</p>		<p>(81) <b>Designated States:</b> AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Published</b>  With international search report.</p>

(54) Title: LIGHT BEAM DISPLAY



**(57) Abstract**

A laser beam display includes at least a first and a second plurality of laser beam sources (200, 300), each of which may preferably be an array of semiconductor lasers, providing a plurality of laser beams in an optical path so as to reflect off reflective facets (204, 304) of a movable reflector (32) and illuminate a display screen (206). In a color display, each column of the laser array corresponds to a separate primary color. The separate rows of each array correspond to independently activated but simultaneously driven scan lines to be illuminated by the laser beam scanning apparatus. The plural laser beam arrays subdivide the width of the screen into smaller scan segments to increase the scanning angle or increase the horizontal scanning speed of the apparatus. Tilted facets illuminate different vertical sections of the screen with the laser beams as the reflector rotates. A scan format employing simultaneously illuminated diagonal scan tiles provides optimal use of the plural laser beam arrays.

**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece			TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MN	Mongolia	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MR	Mauritania	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MW	Malawi	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	MX	Mexico	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Netherlands	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NO	Norway	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	NZ	New Zealand		
CM	Cameroon			PL	Poland		
CN	China	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		

## LIGHT BEAM DISPLAY

### RELATED APPLICATION INFORMATION

This application is a continuation of U.S. Serial No. 09/169,163 filed  
5 October 8, 1998, which in turn is a continuation-in-part of U.S. Serial No.  
08/887,947 filed on July 3, 1997, which in turn is a continuation of U.S. Serial  
No. 08/162,043 filed on February 2, 1994, now U.S. Patent No. 5,646,766.  
The disclosure of the above noted patent and applications are incorporated  
herein by reference.

### 10 BACKGROUND OF THE INVENTION

#### 1. Field of the Invention

The present invention relates to methods and apparatus for displaying  
an image by employing a light beam or beams.

#### 2. Description of the Prior Art and Related Information

15 High resolution displays have a variety of applications, including  
computer monitors, HDTV and simulators. In such applications, the primary  
considerations are resolution, maximum viewable area, cost and reliability.  
Although a number of approaches have been employed including CRT  
displays, rear projection and front projection displays, plasma displays and  
20 LCDs, none of these have been able to satisfactorily provide all the above  
desirable characteristics. In other display applications, such as control panel  
displays, and vehicle and aircraft on-board displays, resolution is of less  
importance than brightness, compact size and reliability.

Although lasers potentially can provide many advantages for displays  
25 of both types noted above, laser based displays have not been widely  
employed. This is due in large part to limitations in the laser scanning  
engines available. One conventional approach to scanning a laser beam  
employs a rotating mirror to scan the laser beam in a linear direction as the  
mirror rotates. Typically, the mirror is configured in a polygon shape with

each side corresponding to one scan length of the laser beam in the linear direction.

An example of such a rotating polygon laser beam scanner is illustrated in Figure 1. The prior art laser beam scanning apparatus shown in Figure 1 employs a polygon shaped mirror 1 which receives a laser beam provided by laser 2 and deflects the laser beam in a scanning direction X as the polygon 1 rotates. It will be readily appreciated from inspection of the geometry of Figure 1 that such a rotating polygon system has the ability to scan the laser beam through a maximum angle of  $180^\circ$  with a scan line duration determined by the rotational speed of the polygon divided by N, where N is the number of polygon sides. Also, it will be appreciated that for large N the scan angle may be significantly reduced below  $180^\circ$ . Thus, for the eight sided polygon configured as illustrated in Figure 1, the laser beam is scanned through an angle of about  $90^\circ$  with the duration of each scan line being  $1/8$  the period for one rotation of the polygon.

The laser scanning apparatus illustrated in Figure 1 has the advantage of being quite simple, and is suitable for some applications. Nonetheless, this conventional laser scanning apparatus is not suitable for high resolution displays since the inherent limitations of such apparatus make it difficult to simultaneously achieve a high degree of resolution, high scanning speed and a large scanning angle. More specifically, a high degree of resolution requires a relatively large polygon with few sides. That is, if the laser beam is to provide accurate information as it is scanned along the scan direction, modulation of the laser beam as it traverses the surface of the polygon side must unambiguously provide discrete points in the scan direction. Thus, each side of the polygon must increase with the beam diameter and the number of discrete scan points (n). Therefore, high resolution, corresponding to a very large number (n) of discrete scan points, in general requires large polygon sides. This limitation is particularly significant where the scanned beam target surface is located close to the



polygon mirror. Also, as noted above, the scan angle is reduced as the number of polygon sides is increased. Therefore, high resolution and high scan angle require a large polygon with relatively few sides.

5       The requirements of a large polygon with few sides, however, mitigate against a high scan rate and thus severely restricts resolution and/or refresh rate of a display based on such a laser beam scanning apparatus. As indicated above, scanning speed is directly related to the number of polygon sides. Therefore, a polygon with few sides requires very high speed rotation to achieve high scanning speed. Rotating a large polygon at high speed  
10       creates mechanical problems, however. In particular, high speed rotation introduces vibrations, stress on the moving parts, and reduced accuracy in the registration of the mirror relative to the laser beam. These factors collectively limit the rotational speed of the mirror, and hence the beam scan rate.

15       As noted above, another category of display application of increasing importance requires relatively small but robust displays having good brightness and acceptable resolution for graphics, such as maps, and text. Such displays have significant applications in automobiles and other vehicles. In such applications, a laser based display has potential  
20       advantages due to its brightness. However, once again, the existing laser beam scanning apparatus are not well suited. In particular, the optical path of the laser beam is quite short in such applications due to the compact space available for the display. This requires the size of the rotating polygon to be increased. However, mechanical instability is associated with large  
25       rotating polygons and is a serious detriment for such applications, where reliability is critical.

Accordingly, it will be appreciated that a need thus presently exists for an improved laser beam display apparatus.

## SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention provides a display apparatus and method employing scanning of light beams through a large scan angle at high speed and with a high degree of accuracy to provide a high resolution display. The present invention further provides a light beam display apparatus having a relatively compact configuration for a given screen size and which is relatively free of vibration or other mechanical problems even at high resolutions and refresh rates.

The present invention provides a laser beam display which includes a first and second plurality of light beam sources, each of which may preferably be an array of semiconductor lasers, providing a plurality of light beams in an optical path so as to simultaneously reflect off plural reflective facets of a movable reflector and illuminate a display screen. In a color display, each column of the laser array corresponds to a separate primary color and the separate rows of the array correspond to independently activated but simultaneously driven scan lines to be illuminated by the laser beam scanning apparatus. The plural laser beam arrays subdivide the width of the screen into smaller scan segments to increase the scanning angle or increase the horizontal scanning speed of the apparatus. A scan format employing simultaneously illuminated diagonal scan tiles provide optimal use of the plural laser beam arrays.

More specifically, in a preferred embodiment the light beam scanning apparatus of the present invention includes an input for receiving video data including a plurality of horizontal lines of display information and a high speed memory for storing the video data for plural horizontal lines. First and second light diode arrays are provided, each comprising a plurality of rows and at least one column. A control circuit controls simultaneous activation of the light beams in accordance with the video data from plural horizontal lines stored in the high speed memory. An optical path including a movable

reflector directs the simultaneously activated plural beams from both diode arrays off of at least two facets of the movable reflector to the display screen.

In a further aspect the present invention provides a method of displaying information on a display screen employing a plurality of light beam sources and a rotatable reflector having a plurality of reflective facets tilted at different angles. A first plurality of light beams are directed to a first facet of the movable reflector tilted at a first angle, and from the first facet to the display screen, from the first light beam source. A second plurality of light beams are directed to a second facet of the movable reflector tilted at a different angle, and from the second facet to the display screen, from the second light beam source. The reflector is rotated so as to cause the first and second plurality of light beams to simultaneously trace out parallel multi-line scan segments on the display screen. The parallel scan segments are displaced vertically on the screen by the tilted facets so as to provide a generally diagonal configuration on the display screen. The entire screen is illuminated by tiling the screen with these diagonal scan patterns as different tilted facets rotate into the optical path of the light beams.

Further features and advantages of the present invention will be appreciated from the following detailed description of the invention.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 is a top schematic view of a prior art laser scanning apparatus.

5 Figure 2 is a schematic drawing of a laser beam display in accordance with a preferred embodiment of the present invention.

Figure 3 is a schematic drawing of a scan pattern in accordance with the operation of the laser display of the present invention.

10 Figures 4A-4C are schematic drawings of a scan pattern provided in accordance with a preferred mode of operation of the laser beam display of the present invention.

Figure 5 is a block schematic drawing of the circuitry of a preferred embodiment of the laser beam display of the present invention.

Figure 6 is a partial cutaway view of a laser diode array in accordance with the present invention.

15 Figures 7A and 7B illustrate an alternate embodiment of the present invention employing a fiber optic laser beam delivery head.

Figure 8 illustrates two fiber optic delivery heads in accordance with the alternate embodiment of the present invention.

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Referring to Figure 2, a preferred embodiment of the laser beam display apparatus of the present invention is illustrated in a schematic drawing illustrating the basic structure and electronics of the embodiment.

- 5 The dimensions of the structural components and optical path are not shown to scale in Figure 2, and the specific dimensions and layout of the optical path will depend upon the specific application.

As shown in Figure 2, the laser beam scanning apparatus includes a multifaceted polygon reflector 32. The polygon shaped reflector 32 is  
10 preferably coupled to a variable speed motor 36 which provides for high speed rotation of the reflector 32 such that successive flat reflective facets on the circumference thereof are brought into reflective contact with the laser beams. The rotational speed of the reflector 32 is monitored by an encoder (not shown) which in turn provides a signal to motor control circuit (which  
15 may be included in the control electronics 220). The motor control circuitry, power supply and angular velocity control feedback may be as described in U.S. Patent No. 5,646,766 the disclosure of which is incorporated herein by reference. Although a wheel shaped multi-faceted reflector 32 is presently preferred, it will be appreciated that other forms of movable multi-sided  
20 reflectors may also be employed to consecutively bring reflective flat surfaces in reflective contact with the laser beams. Such alternate reflectors may be actuated by any number of a wide variety of electromechanical actuator systems, including linear and rotational motors, with a specific actuator system chosen to provide the desired speed of the facets for the  
25 specific application.

The apparatus of Figure 2 further includes a first source 200 of a plurality of laser beams 202, which plural beams may include beams of different frequencies/colors as discussed in detail below, and an optical path for the laser beams between the laser source 200 and a display screen 206.  
30 A second source 300 of a plurality of beams 302 is also provided, with a

generally parallel optical path to display screen 206. As one example of a presently preferred embodiment the laser sources 200, 300 may each comprise a rectangular array of laser diodes having a plurality of rows and at least one column. A monochrome display may have a single column for  
5 each diode array whereas a color display may have 3 columns. A color array thus provides the 3 primary colors for each row. The number of rows corresponds to the number of parallel scan lines traced out on the display screen 206 by each diode array. For example, 14 rows of diodes may be employed. Each two-dimensional diode array 200, 300 may thus provide  
10 from 1 to 42 separate laser beams 202, 302 simultaneously (under the control of control electronics 220, discussed below). Other sources of a plurality of laser beams may also be employed. For example, a single beam may be split into a plurality of independently modulated beams using an AOM modulator, to thereby constitute a source of a plurality of beams. Such  
15 an approach for creating plural beams using an AOM modulator is described in U.S. Patent No. 5,646,766, incorporated hereby by reference.

The optical path is configured such that the laser beams intercept the rotating polygon 32 in a manner so as to provide a desired scan range across display screen 206 as the polygon rotates. The optical path will  
20 depend on the specific application and as illustrated may employ one or more reflective optical elements 212 to increase the path length. Also, one or more lenses 214, 314, may be provided for each laser beam 202, 302 so as to focus the beams with a desired spot size on display screen 206.

It will be appreciated that a variety of modifications to the optical path  
25 and optical elements illustrated in Figure 2 are possible. For example, additional optical elements may be provided to increase the optical path length or to vary the geometry to maximize scan range in a limited space application. Alternatively, the optical path may not require any path extending elements such as reflective element 212 in an application allowing  
30 a suitable geometry of beam sources 200, 300, reflector 32 and screen 206.

Similarly, additional focusing or collimating optical elements such as lenses 214 may be provided to provide the desired spot size for the specific application. In other applications the individual focusing elements 214, 314 may be combined for groups of diodes. For example, all the diodes in a single row of a diode array may be focused by a single optical focusing element 214, 314. In yet other applications, the focusing elements may be dispensed with if the desired spot size and resolution can be provided by the laser beams emitted from the diode arrays 200, 300 itself. The screen 206 in turn may be either a reflective or transmissive screen with a transmissive diffusing screen being presently preferred for compact displays or where a high degree of brightness is desired.

As further illustrated schematically in Figure 2, the laser beam sources 200, 300 provide the plurality of laser beams, illustrated generally by beams 202, 302 in Figure 2, simultaneously on respective facets 204, 304 of the rotating reflector 32. In particular, plural beams 202 are simultaneously directed to respective spots or pixels on display 206 via facet 204. Plural beams 302 via facet 304 are in turn simultaneously directed to a different set of pixels on display 206. A plurality of beams from a laser source 200 or 300 may also simultaneously illuminate a single pixel. In particular, in a color display all three diodes in a single row of the diode array may simultaneously illuminate a single pixel. Even in a monochrome display application plural beams may be combined at a single pixel to provide increased brightness. This combination of plural beams to plural pixels is illustrated generally in Figure 2 by the four laser beams simultaneously being directed to display 206, each of which preferably includes plural distinct component beams of different frequency or color. The specific manner in which the beams 202, 302 trace out the video data on the screen 206 will be described in more detail below in relation to Figures 3 and 4A-4C.

Still referring to Figure 2, the diode arrays 200, 300 are driven by control signals provided from control electronics 220 which in turn receives

the video information to be displayed from video data source 100. Video data source 100 may comprise any source of video information to be displayed on display 206 and may comprise a source of analog or digital video signals in any of a variety of known formats. Control electronics 220  
5 converts the video data provided from source 100 to digital form if necessary and then to a parallel scan format adapted for the specific scan pattern provided by the diode arrays 200, 300, as described in more detail below.

Referring to Figure 3, the manner in which the multiple diode arrays 200, 300 simultaneously provide plural beams to plural facets and provide an  
10 increased scanning speed and/or scanning angle for the display, is illustrated.

In Figure 3, a front view of display screen 206 is schematically illustrated with the usable part of the screen having a width dimension (W) and a height dimension (H). The display shown is for a color display, with  
15 three beams of different color light simultaneously activated and focused on each pixel 210, 310, from each of the laser sources 200, 300, respectively. These individual beams preferably correspond to the three primary colors red, blue and green to provide a color image on display 206. Thus, for the two sets of pixels 210, 310 illustrated in Figure 3, red, blue and green laser  
20 beams (RBG) are provided simultaneously by laser sources 200, 300.

As shown in Figure 3, the width dimension (W) of display screen 206 may be subdivided into plural horizontal scan segments corresponding to the number of diode arrays. Although two horizontal scan segments 208, 308 are illustrated, corresponding to two diode arrays 200, 300, the number of  
25 such segments and diode arrays is not so limited and generally may be 2-10 or greater in number. In the first horizontal scan segment 208 a first plurality of beams is provided from diode array 200 to plural rows of pixels 210 as illustrated in Figure 3 to trace out a first set of scan lines 212. At the same time a plurality of beams from diode array 300 illuminate plural rows of pixels  
30 310 which trace out a second set of scan lines 312 in the second horizontal



scan segment 308. These respective beams, scanned along plural horizontal scan lines by rotation of reflector 32, thus generate a first vertical scan segment 316. Accordingly, it will be appreciated that for rotation of the polygon 32 through an angular range corresponding to a single facet width, the width scanned out on the screen 208 will be double that provided by single source of laser beams. Accordingly, a concomitant increase in scanning speed and/or screen size is provided.

The vertical range or height (H) of the display screen 208 is scanned out by repeating the parallel scanning for each of the vertical scan segments 316. It will be appreciated that to consecutively scan the laser beams over the respective vertical scan segments 316, some means is required for shifting the beams vertically to cover the entire vertical distance H shown in Figure 3. Several different such means for vertically shifting the beams are described in U.S. Patent No. 5,646,766 the disclosure of which is incorporated herein by reference.

In a presently preferred embodiment the vertical shifting of the beams is achieved by using facets of the rotating polygon 32 which are angled at differing degrees relative to the axis of rotation of the polygon 32. Each differing facet angle thus corresponds to a different vertical position on the display screen 206 allowing the different vertical scan segments 316 to be traced out as the laser beams 202, 302 intercept consecutive ever more tilted facets. Therefore, one rotation of the polygon 32 will result in all the vertical scan segments 316 being illuminated providing an image on the entire usable surface area of display screen 206.

In accordance with the use of tilted facets of the rotating polygon reflector 32 as a means for vertically shifting the laser beams, a modification of the scanning format of Figure 3 is preferably employed. In particular, a diagonal "tiling" scan format is preferably employed. This scan format is illustrated in Figures 4A-4C, which Figures show consecutive sections of the screen 206 being illuminated by the laser beams in a tiling pattern. The

example of the diagonal tiling scan format shown in Figures 4A-4C includes 14 rows of laser diodes being simultaneously provided from each of laser beam sources 200 and 300 and a rotating polygon reflector 32 having N facets (or an integer multiple thereof, plus any "dead" facets between  
5 frames). Each of the N facets is tilted at a different angle, the angle for each facet corresponding to a different vertical position on the display 206 as generally indicated to the left of each vertical scan segment in Figures 4A-4C. The numbering of the facets for Figures 4A-4C is such that facet 1 corresponds to the facet tilted to illuminate the top of the display screen 206  
10 whereas facet N is tilted to illuminate the bottom of display screen 206.

Referring first to Figure 4A, the scan pattern begins with a first scan tile 400-1 illuminated by the laser beams from the first laser beam source, i.e., diode array 200, striking facet 1 of the rotating polygon reflector 32 and being scanned across the width of a horizontal scan segment 208. In this  
15 way, for the example of a 14 row diode array 100, 14 rows of video information are scanned in parallel across the horizontal scan segment in the first tile 400-1. The number of pixels of resolution in the horizontal direction depends on the video data and the particular application; for example, 320 pixels is a specific example for a high resolution display, but fewer or greater  
20 pixels may be provided.

Referring to Figure 4B, the scan pattern is illustrated after the rotating polygon reflector 32 has rotated facet 1 into the optical path of the second laser beam source, i.e., diode array 300, and the second facet is in the optical path of the first laser beam source. Rotation of the reflector at this  
25 time scans the laser beams from the first and second laser beam sources over the two diagonally configured tiles 400-2 illustrated in Figure 4B. This diagonal tiling scan pattern continues with the next consecutive tilted facet (facet 3) entering the optical path of the laser beam sources to illuminate diagonal tiles 400-3 as illustrated in Figure 4C. This pattern continues until  
30 the entire display screen 206 has been illuminated by the laser beams. As

used herein, the term "parallel scan segments" will refer to the tiles which are scanned out together in parallel, e.g., the tiles 400-2 in Figure 4B and the tiles 400-3 illustrated in Figure 4C.

It will be appreciated that if additional laser beam sources are provided the tiling pattern illustrated in Figures 4A-4C will add additional horizontal scan segments. The diagonal tiling pattern in turn will extend across the entire width of the display with the number of tiles simultaneously illuminated equal to the number of horizontal scan segments. Thus, for example, if three diode arrays were employed the scan pattern corresponding to Figures 4B and 4C would include three diagonally spaced tiles illuminated simultaneously. Similarly, more tiles will be simultaneously illuminated for greater numbers of laser beam sources, which as noted above may be 2-10 in number or even greater if desired for the particular application.

It will be appreciated by those skilled in the art that the ability to provide multiple tiles each multiple beams deep on display screen 208 has significant advantages in display applications. The above example using a 14 x 3 rectangular diode array provides a reasonable compromise between scanning speed and size of the diode arrays 200, 300 and a 504 line color image could thus be provided onto the display screen 206 by 36 scans of the laser beams in the horizontal direction across the display screen 206. Thus, 36 independently tilted facets could provide scanning of all 504 lines of the display 206 in a single rotation of rotating polygon 32. Therefore, the combination of the two-dimensional diode arrays 200, 300 and a multifaceted tilted facet polygon 32 allows the size and rotational velocity of the rotating polygon 32 to be reduced without compromising resolution or display size. It will be appreciated by those skilled in the art that a variety of different combinations of diode array dimensions and/or rotating polygon 32 configurations may be provided depending upon the specific requirements of any given application including cost, space available for the laser beam

scanning apparatus, screen size desired, total number of scan lines required, etc. Furthermore, while a rectangular array of diodes has the advantage of ease of layout and adapts well to a rectilinear scanning of lines in a typical display application, it will be appreciated that other diode array configurations  
5 can also be employed.

The display of the present invention has a further advantage for color display applications over conventional color displays. Conventional displays, e.g., cathode ray tube (CRT) displays, cannot provide different colors precisely at a single pixel region since the phosphorous employed must have  
10 different characteristics for the different colors and must be separated. Therefore, the individual colored pixels in CRT displays are arranged side by side in a manner which optically is perceived as a single pixel by the eye. For very high resolutions, however, the limitation of having to provide three separate pixel regions for each pixel of the display can negatively impact on  
15 the resolution of the display. The present invention, however, can place the three distinct color laser beams on precisely the same pixel spot, whether for a reflective or transmissive type display screen 208, thereby avoiding a side by side placement of the color pixel regions.

Referring to Figure 5, a block schematic drawing of the control  
20 electronics 220 is illustrated. The control electronics receives a video input signal from the video source along line 222. As noted above, the input signal may be of any of a number of conventional formats, e.g., NTSC interlaced or progressive scan formats, and may be either analog or digital in nature. The signal is provided to video interface 286 which, in the case of an analog input  
25 video signal provided along line 222, will provide analog to digital conversion of the input signal. Video interface 286 outputs the digital video data in serial format along line 288 to serial to parallel converter 290. Serial to parallel converter 290 operates in conjunction with video RAM controller 292 to convert the serial video data, which may typically be in a raster scan format,  
30 to a parallel scan format corresponding to the parallel tiling scan pattern

illustrated in Figures 4A-4C. Video RAM controller 292 will include a high speed temporary memory such as a random access memory (RAM) or FIFO buffer of sufficient capacity to hold at least one parallel scan segment of video data, e.g., corresponding to two scan tiles. The video sync signals in  
5 the video data provided along line 288 in turn are passed through beam timing logic 294 which synchronizes the parallel scan segments with the start of frame and start of line signals typically provided in an analog or digital video signal and provides the parallel scan timing signals to the video RAM controller 292. The output of video RAM controller 292 in turn is provided  
10 independently to the red, green and blue video driver circuitry 278, 282 and 280, respectively, in the form of digital color intensity signals to allow a gray scale color control for a desired palette of colors for the color display. The video driver circuitry in turn converts the digital color intensity signals to analog drive signals provided to the individual diodes in the diode array 200  
15 (or 300, not shown in Figure 5) to turn them on and off with an intensity related to the gray scale drive signal and provide the desired color for each pixel.

Referring to Figure 6, one embodiment of the diode array 200 is illustrated in a perspective cutaway view (diode array 300 will be of identical  
20 structure and hence is not shown). As shown, the diode array 200 is provided by a compact configuration of individual laser diodes 230, e.g., color specific diodes, 230R, 230B and 230G. The individual laser diodes 230 are configured in a compact housing 240 which in turn may be mounted to a printed circuit board or other suitable support structure via mounting bracket  
25 242. Alternatively, adhesive or other suitable mounting techniques well known to those skilled in the art may be employed. As further illustrated in Figure 6, the individual laser diodes may preferably include a focusing lens cap 232 affixed to the output portion of the laser diode to provide an initial focusing of the laser beam. The power and control signals in turn are  
30 provided to the individual laser diodes through a suitable electrical

connection, such as flex circuit 250 illustrated in Figure 6. Flex circuit 250 is electrically and mechanically coupled to the housing 240 and individual diodes 230 via a plug connector 252. It will be appreciated that a variety of other electrical connection approaches may also be employed, however, including individual electrical connections to each laser diode 230 or provision of independent printed circuit boards for each column of the diode array. The flex circuit 250 is coupled to control electronics 220 which in turn is preferably configured on a printed circuit board. The control electronics may, however, be provided on the same circuit board which receives mounting bracket 242 or to which the housing 240 is otherwise directly mounted.

Referring to Figures 7A and 7B, an alternate embodiment of the laser source 200 and associated electronics is illustrated which employs a fiber optic laser beam delivery head which may be advantageous for applications having space limitations or other constraints requiring a compact laser delivery head.

As shown in Figure 7A, the fiber optic laser beam delivery head 260 includes a bundle of optical fibers 262 arranged in a compact rectangular array within a housing 264. The ends of each of the optical fibers 262 may preferably include a focusing end cap element 266 as more clearly illustrated in Figure 7B. Although the illustration of Figure 7B is not intended to show the accurate optical shape of the focusing element 266, it does illustrate the compact manner in which it can be integrated with the optical fiber 262. Referring again to Figure 7A, the opposite end of each optical fiber 262 is coupled to the output of a corresponding laser diode 268. An optional additional collimator and focuser 270 may be provided at the output of the individual laser diodes 268 depending upon the length of the optical fiber 262 and the output characteristics of the laser diodes 268. The individual laser diodes 268 and optional collimator/focusing elements 270 for each column of the diode array may be mounted on separate circuit boards 272, 274, 276 as

illustrated in Figure 7A or a single circuit board, space permitting. The length of the optical fibers 262 is chosen to enable the laser array delivery head 260 to be conveniently mounted in the desired optical path relative to the display screen 206. The individual laser diodes 268 in turn are powered by  
5    respective red, blue, and green video driver circuitry 278, 280, 282 which form part of control electronics 220 as described above. The video driver circuitry may be configured on the same circuit boards 272, 274, 276 as the laser diodes or on a separate circuit board depending on the specific application and space requirements.

10       Referring to Figure 8, a compact circuit board implementation of the laser diodes driving plural fiber optic delivery heads is illustrated. As shown, two fiber optic delivery heads 330, 332 are coupled to a plurality of laser diodes 334 via optical fibers 336. The individual laser diodes 334 may be configured on a single circuit board 338 as illustrated or may be split into  
15    separate boards depending on the space requirements of the specific application. Also, as in relation to the embodiment described above in relation to Figure 7A, optical collimator/focusing elements 340 may be provided between the output of the laser diodes and the optical fibers. As also more clearly shown in Figure 8, the control electronics splits the video  
20    driver signals for each color (red being illustrated in Figure 8) into parallel drive signals corresponding to the two fiber optic delivery heads

While the foregoing detailed description of the present invention has been made in conjunction with specific embodiments, and specific modes of operation, it will be appreciated that such embodiments and modes of  
25    operation are purely for illustrative purposes and a wide number of different implementations of the present invention may also be made. Accordingly, the foregoing detailed description should not be viewed as limiting, but merely illustrative in nature.

What is Claimed Is:

1. A light beam display apparatus, comprising:  
a display screen having a vertical and a horizontal dimension;  
5 a first plurality of light beam sources configured in an array comprising  
a plurality of rows and at least one column;  
a second plurality of light beam sources configured in an array  
comprising a plurality of rows and at least one column;  
control means for simultaneously activating said first and second  
10 plural light beam sources; and  
an optical path including a movable reflector having a plurality of  
reflective facets between the display screen and the first and second light  
beam sources for directing said simultaneously activated plural light beams  
to the display screen via respective first and second facets of the movable  
15 reflector to simultaneously illuminate different horizontal regions of the  
display.
2. A light beam scanning apparatus as set in claim 1, wherein the  
movable reflector is a rotatable polygon and wherein the light beam scanning  
apparatus further comprises a motor for rotating the polygon at a  
20 predetermined angular speed thereby bringing successive facets into the  
optical path so as to intercept the plural light beams.
3. A light beam scanning apparatus as set in claim 1, wherein the  
light beam sources in each column of the array correspond to a different  
color of light.
- 25 4. A light beam scanning apparatus as set out in claim 3, wherein  
the array has three columns and wherein each column corresponds to a  
light beam source having a primary color.



5. A light beam scanning apparatus as set out in claim 1, wherein the plurality of light beam sources comprise semiconductor lasers.

6. A light beam scanning apparatus as set out in claim 5, wherein the light beam sources comprise semiconductor diodes.

5 7. A light beam scanning apparatus as set out in claim 1, further comprising means for shifting the light beams so as to illuminate different vertical scan segments of the display screen.

8. A light beam scanning apparatus as set out in claim 7, wherein the means for shifting comprises a plurality of reflective facets configured on  
10 the movable reflector tilted at differing degrees.

9. A light beam scanning apparatus as set out in claim 8, wherein movable reflector is a rotating polygon and wherein the tilted facets are tilted relative to the axis of rotation of the polygon so as to direct the light beams to varying vertical scan segments on the display screen.

15 10. A light beam scanning apparatus comprising:  
an input for receiving video data, the video data including a plurality of horizontal lines of display information;  
a display screen;  
a first plurality of light beam sources configured in an array comprising  
20 a plurality of rows and at least one column;  
a second plurality of light beam sources configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column;  
a movable reflector having a plurality of reflective facets tilted at differing angles;  
25 a memory for storing a plurality of horizontal lines of video data;

a control circuit for simultaneously activating said light beam sources in accordance with video data from plural horizontal lines stored in said memory; and

an optical path between the display screen, the movable reflector and the first and second plurality of light beam sources for directing said simultaneously activated plural beams to at least two facets of the movable reflector and to the display screen, wherein the movable reflecting scans each of the first and second plurality of light beams over only a portion of a horizontal line.

11. A light beam scanning apparatus as set in claim 10, wherein the movable reflector is a rotatable polygon and wherein the light beam scanning apparatus further comprises a motor for rotating the polygon at a predetermined angular speed thereby bringing respective facets into the optical path so as to intercept the plural light beams.

12. A light beam scanning apparatus as set in claim 10, wherein each of the arrays of light beam sources have plural columns which correspond to a different color of light.

13. A light beam scanning apparatus as set out in claim 12, wherein each array has three columns and wherein each column corresponds to a light beam source of a primary color.

14. A light beam scanning apparatus as set out in claim 10, wherein the plurality of light beam sources comprise semiconductor lasers.

15. A light beam scanning apparatus as set out in claim 10, wherein each array comprises an array of fiber optic fibers mounted in an array and coupled optically to respective light emitting diodes.

16. A method of displaying information on a display screen employing a plurality of light beam sources and a movable reflector having a plurality of reflective facets tilted at different angles, comprising the steps of:

5 directing a first plurality of light beams to a first facet of the movable reflector, and from the first facet to the display screen;

directing a second plurality of light beams to a second facet of the movable reflector, and from the second facet to the display screen;

moving the reflector so as to cause the first and second plurality of light beams to simultaneously trace out in a first direction parallel multi-line

10 scan segments on the display screen, the parallel scan segments being displaced in a second direction so as to provide a generally diagonal configuration on the display screen.

17. A method as set out in claim 16, wherein said display screen has a generally rectangular configuration and wherein said first direction

15 corresponds to the horizontal dimension of said screen and said second direction corresponds to the vertical dimension of said screen.

18. A method as set out in claim 17, wherein the entire display is illuminated by sequentially illuminating parallel scan segments employing different sets of tilted facets in the optical path of the light beams..

20 19. A method as set out in claim 17, wherein the parallel scan segments comprise diagonally adjacent rectangular segments of the display screen.

20. A method as set out in claim 18, wherein the parallel scan segments each have a plurality of different horizontal scan lines of video

25 information.



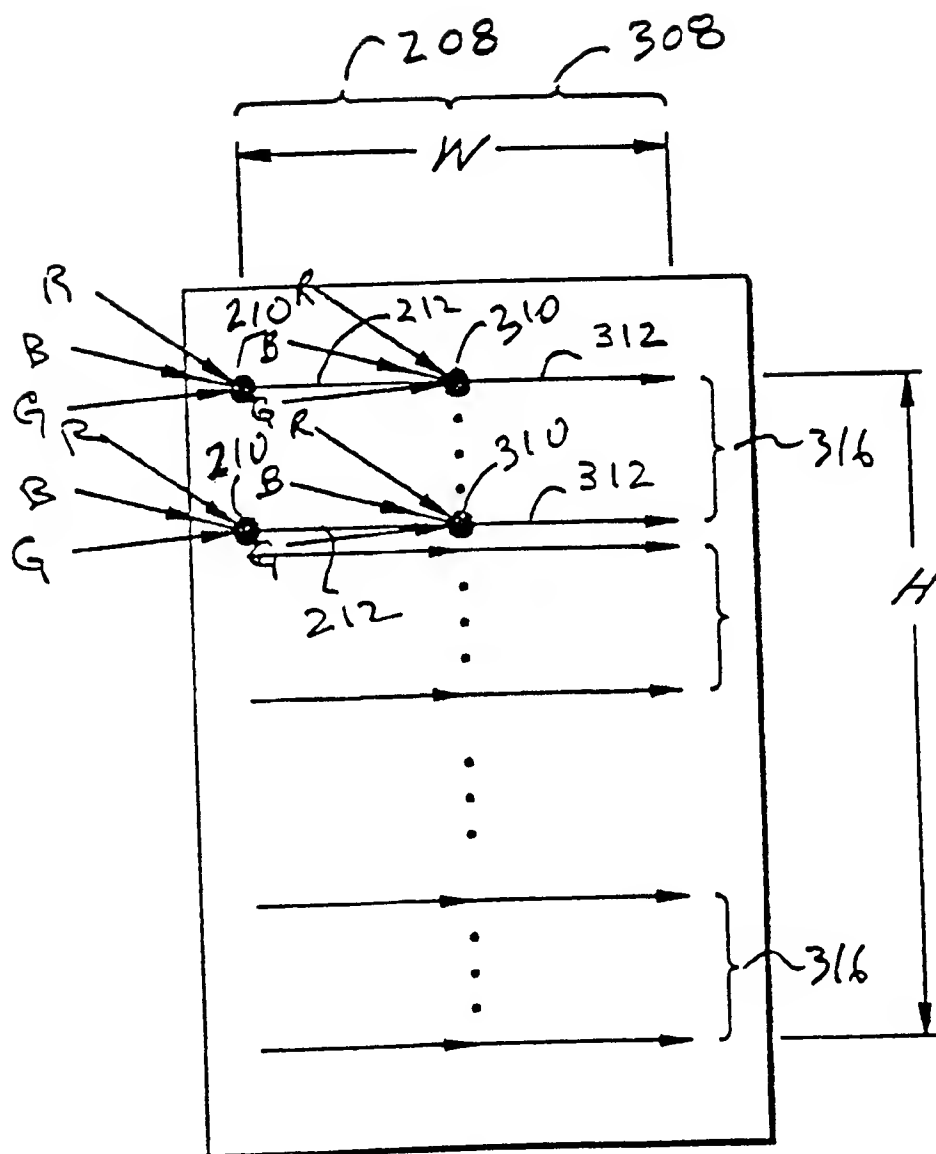
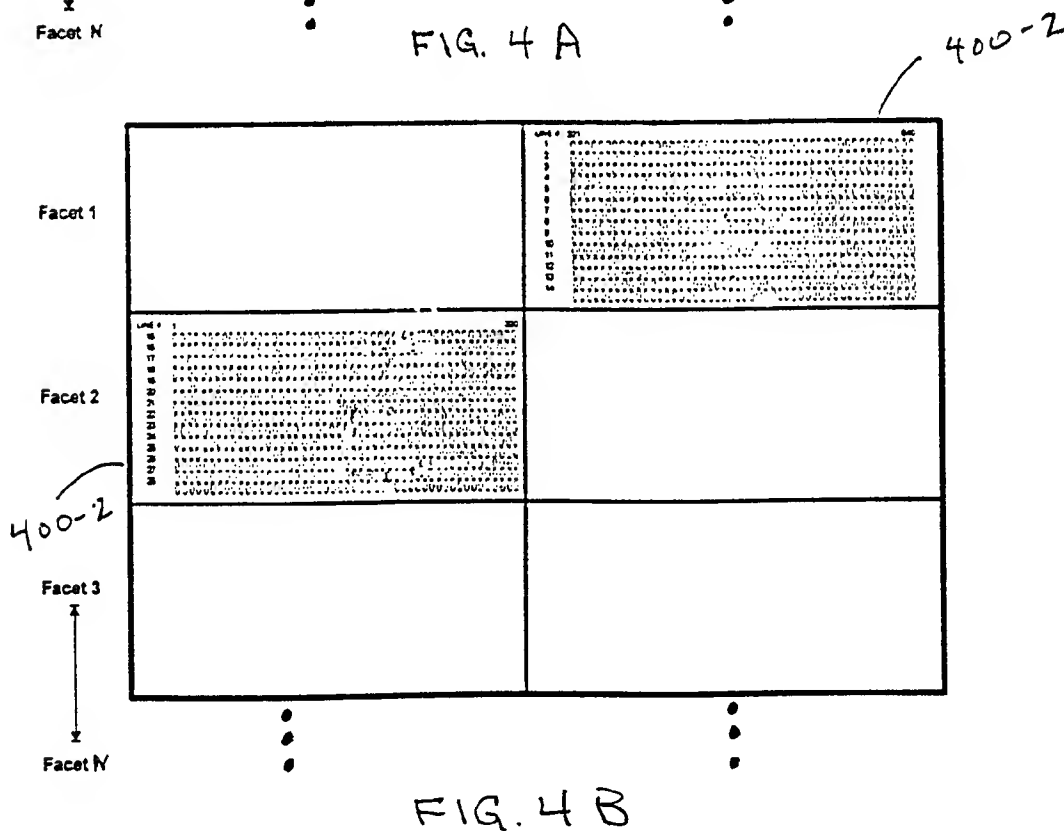
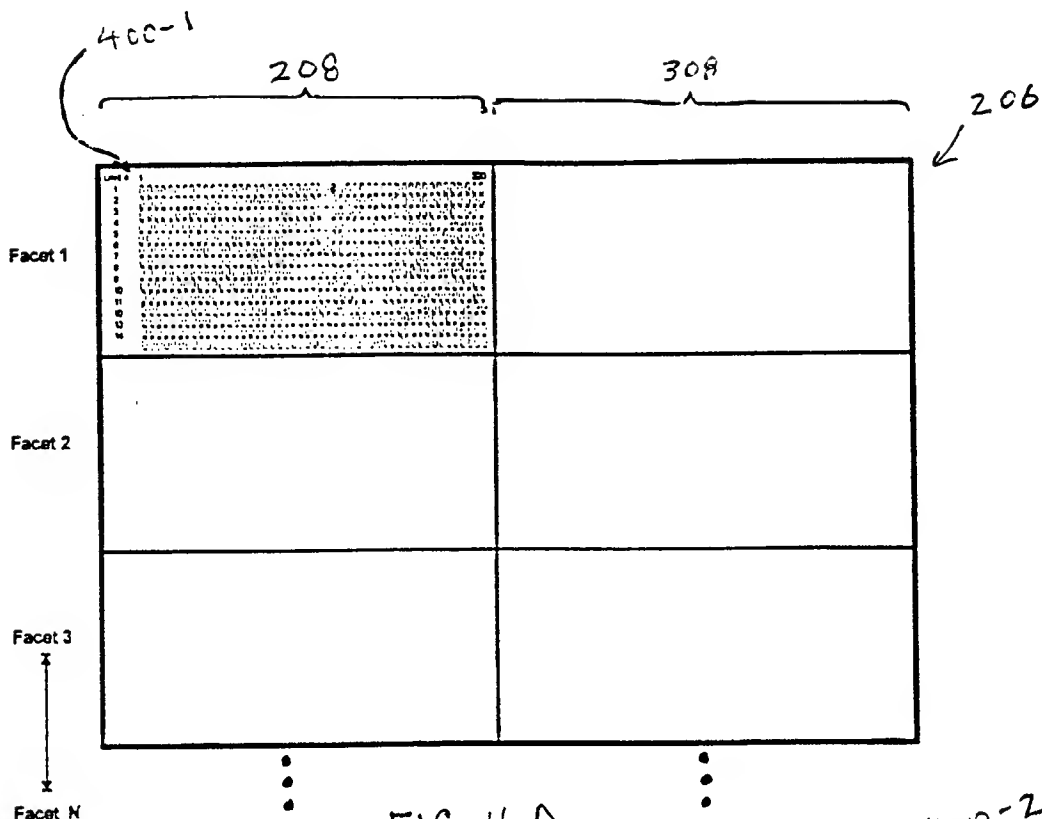
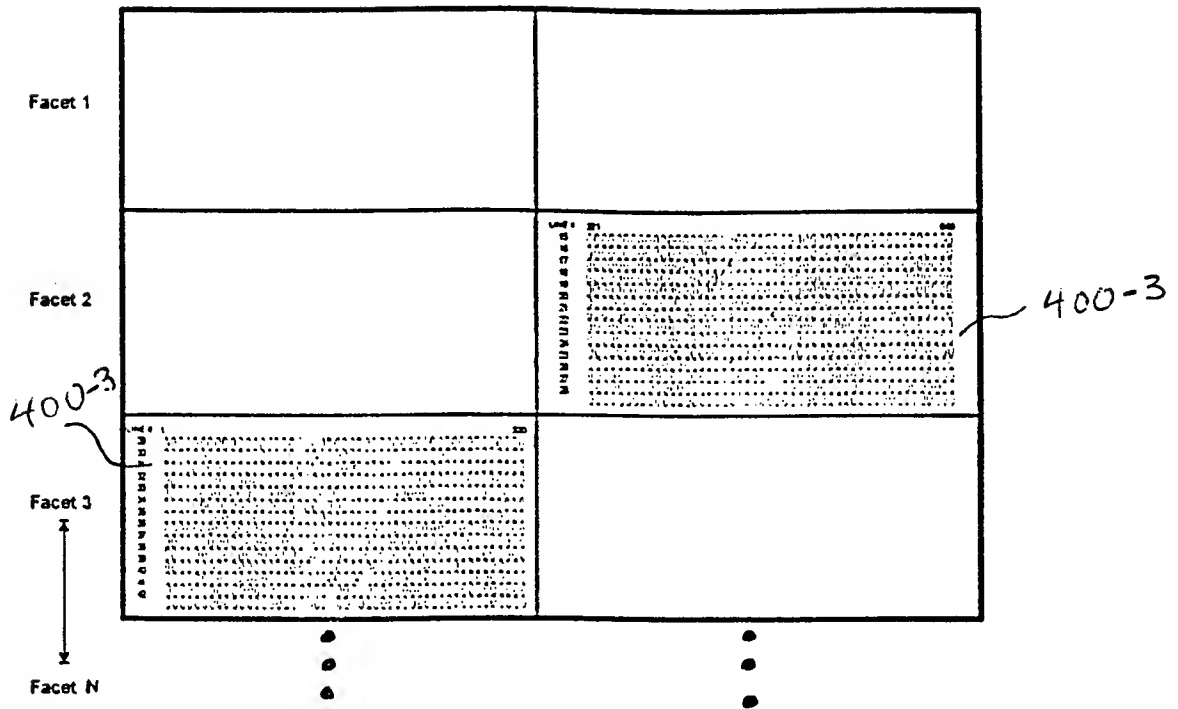


FIG. 3





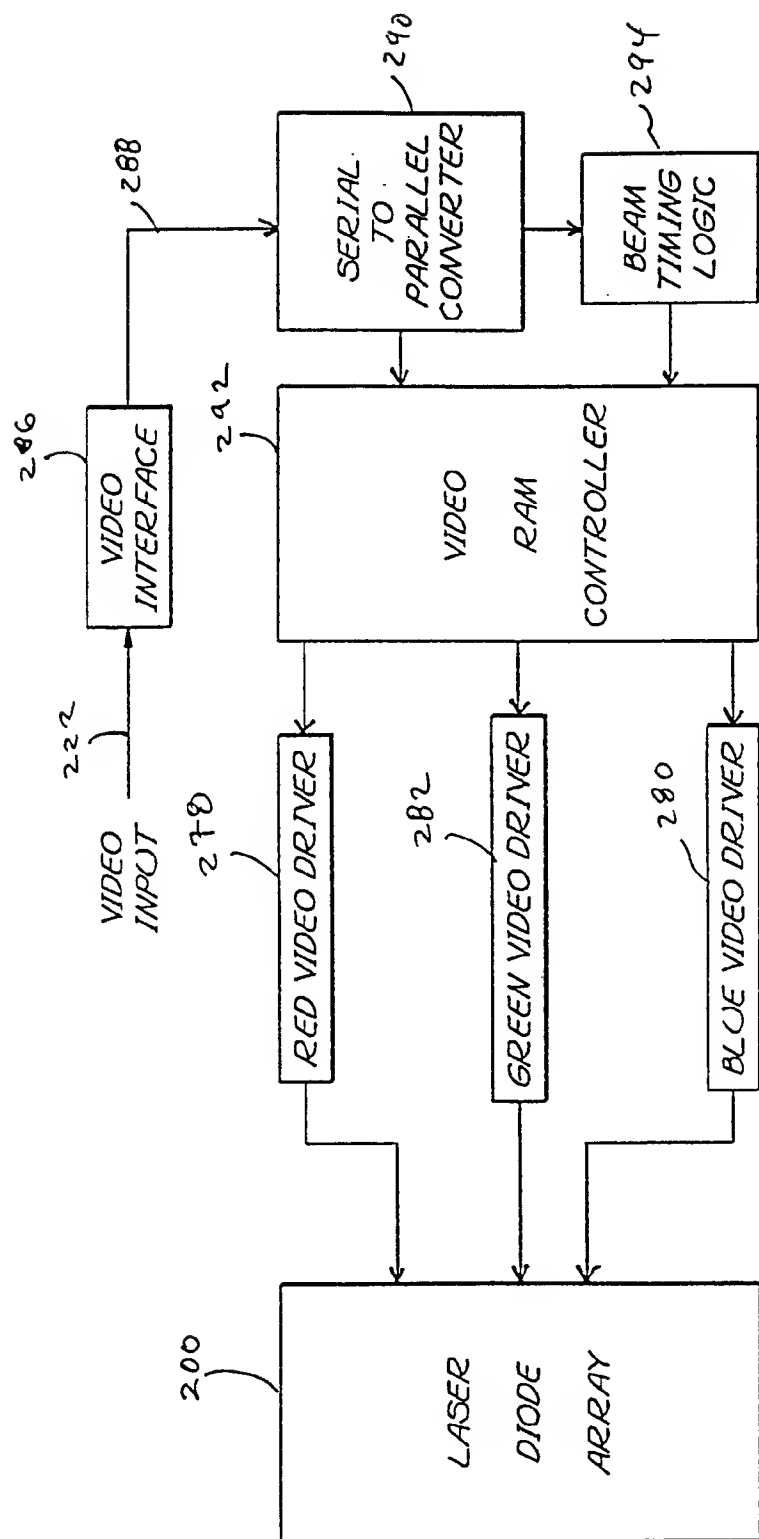
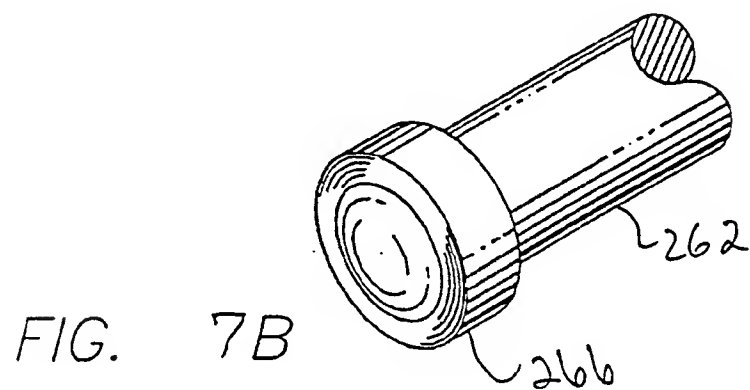
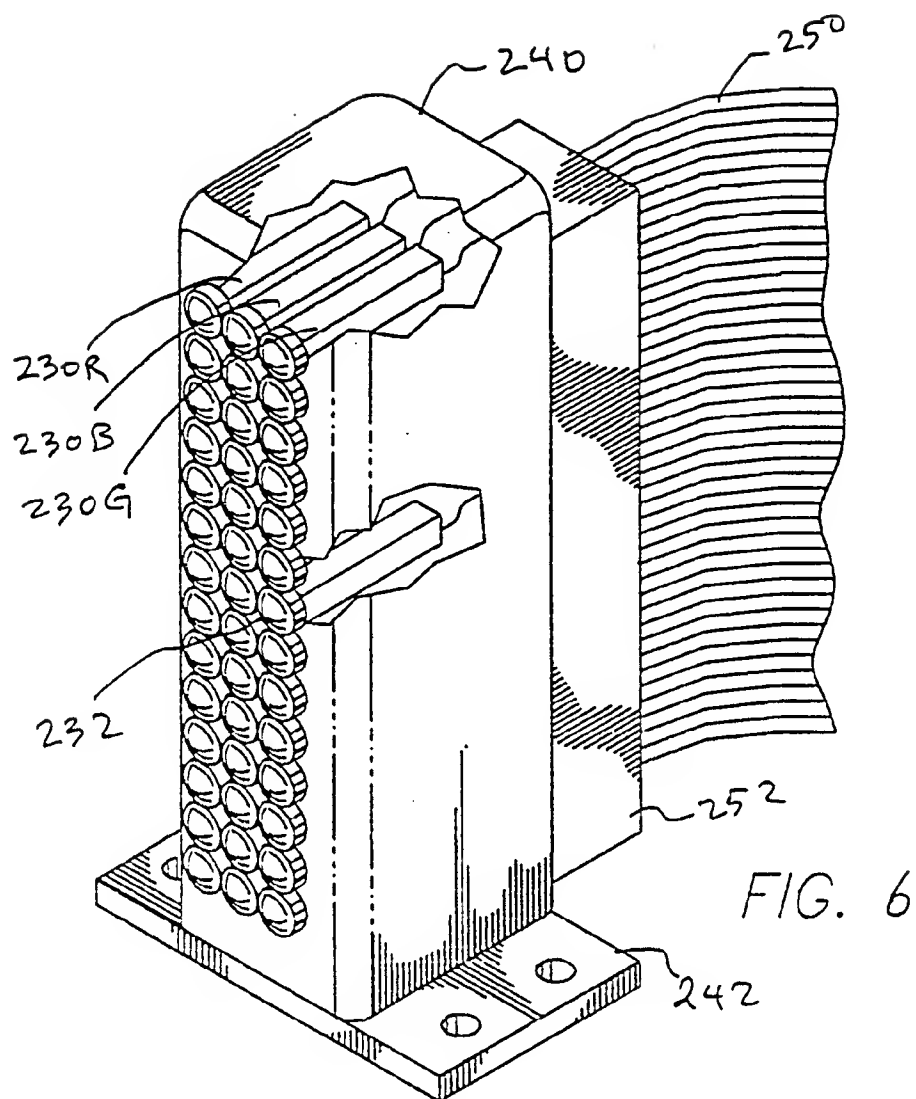
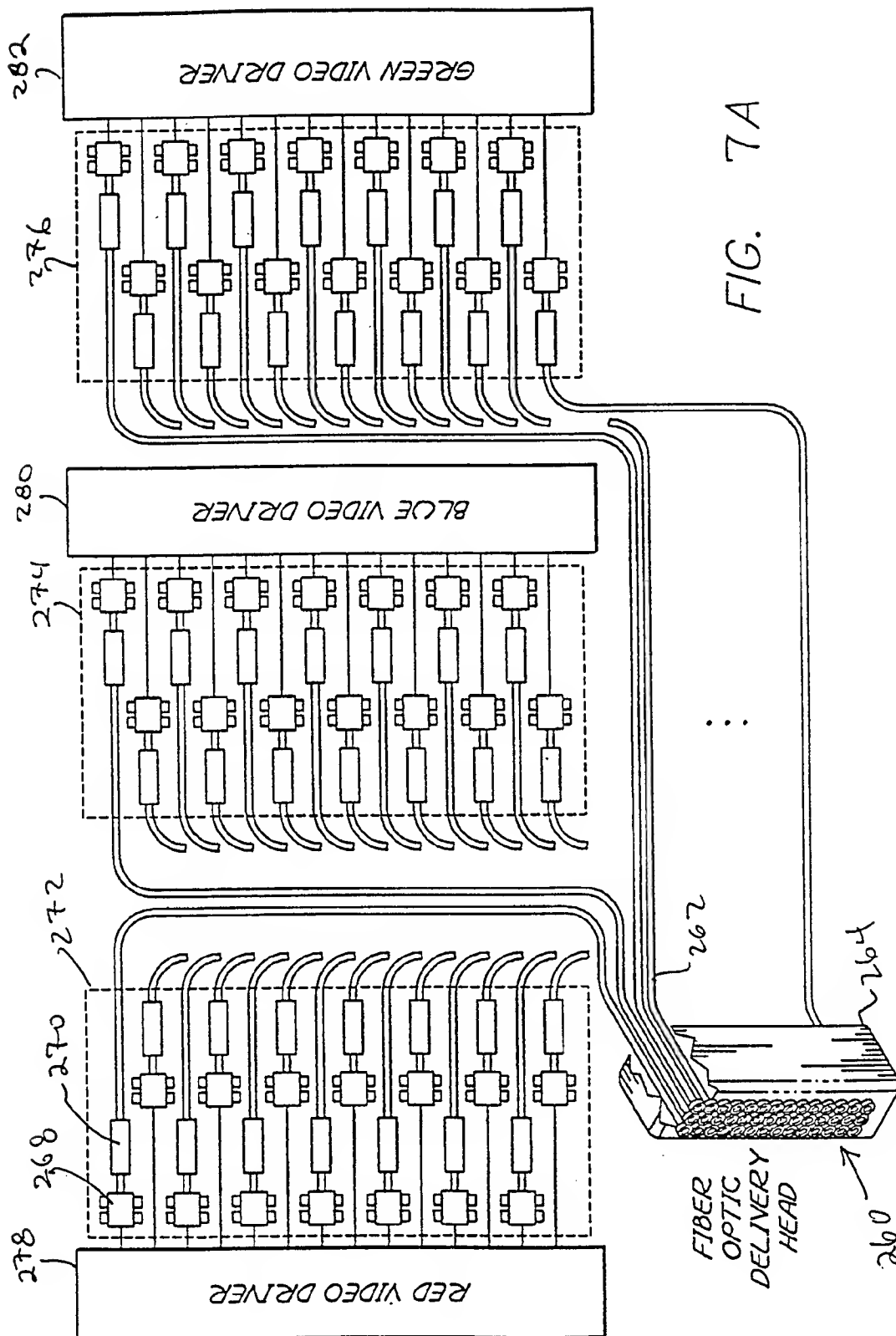
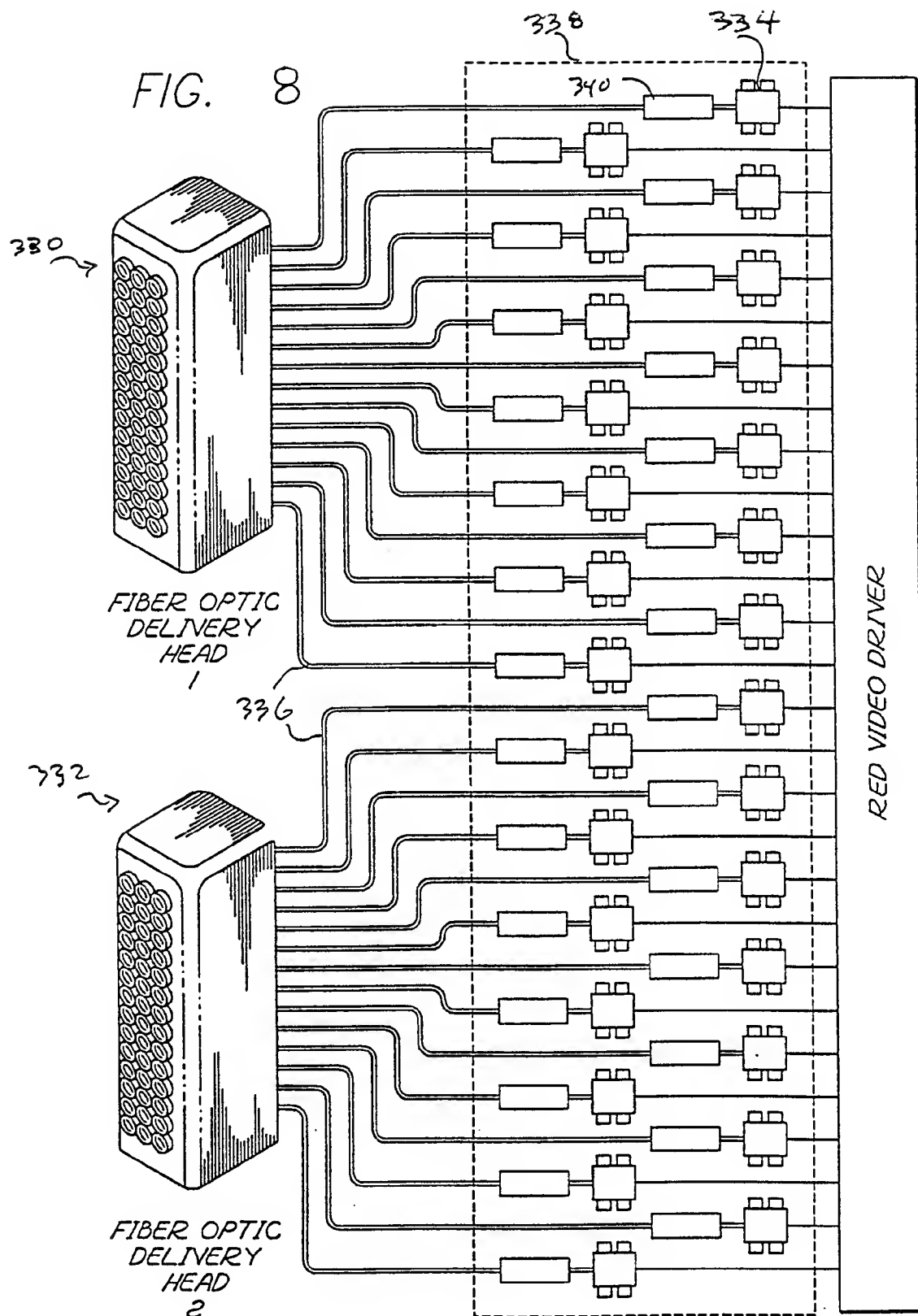


FIG. 5









# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US99/23414

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) : G02B 26/08; G02F 1/00; H04N 3/08, 5/74, 9/31

US CL : 359/197, 204, 212, 216; 348/203, 750, 756, 760

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 359/196, 197, 204, 212, 216, 217, 218, 219, 220; 347/ 231, 232, 233; 348/203, 750, 756, 760

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
NONE

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

US APS,  
search terms: laser arrays, projection screen, scanning, facets

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5,715,021 A (GIBEAU et al) 03 February 1998 (03.02.98), see the entire document.	1-20
A,E	US 5,874,929 A (OPOWER et al) 23 February 1999 (23.02.99), see the entire document.	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document published on or after the international filing date	*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Z* document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

03 DECEMBER 1999

Date of mailing of the international search report

17 DEC 1999

Name and mailing address of the ISA/US  
Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

AUDREY CHANG

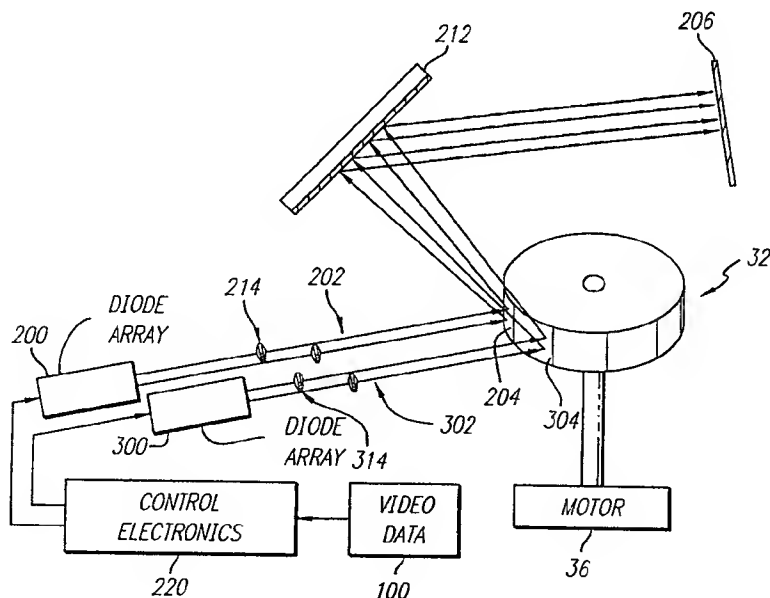
Telephone No. (703) 305-6208



## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>6</sup> : G02B 26/08, G02F 1/00, H04N 3/08, 5/74, 9/31		A1	(11) International Publication Number: <b>WO 00/20912</b>
			(43) International Publication Date: 13 April 2000 (13.04.00)
(21) International Application Number: PCT/US99/23414 (22) International Filing Date: 8 October 1999 (08.10.99) (30) Priority Data: 09/169,163 8 October 1998 (08.10.98) US (63) Related by Continuation (CON) or Continuation-in-Part (CIP) to Earlier Application US 09/169,163 (CON) Filed on 8 October 1998 (08.10.98) (71) Applicant (for all designated States except US): ADVANCED LASER TECHNOLOGIES, INC. [US/US]; 3597 Padaro Lane, Carpinteria, CA 93013 (US). (72) Inventor; and (75) Inventor/Applicant (for US only): CONEMAC, Donald, C. [US/US]; 4430 Autumn Glen Court, Moorpark, CA 93021 (US). (74) Agents: HENTY, David, L. et al.; Graham & James LLP, 14th floor, 801 S. Figueroa Street, Los Angeles, CA 90017-5554 (US).			(81) Designated States: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  <b>Published</b> With international search report.

(54) Title: LIGHT BEAM DISPLAY



## (57) Abstract

A laser beam display includes at least a first and a second plurality of laser beam sources (200, 300), each of which may preferably be an array of semiconductor lasers, providing a plurality of laser beams in an optical path so as to reflect off reflective facets (204, 304) of a movable reflector (32) and illuminate a display screen (206). In a color display, each column of the laser array corresponds to a separate primary color. The separate rows of each array correspond to independently activated but simultaneously driven scan lines to be illuminated by the laser beam scanning apparatus. The plural laser beam arrays subdivide the width of the screen into smaller scan segments to increase the scanning angle or increase the horizontal scanning speed of the apparatus. Tilted facets illuminate different vertical sections of the screen with the laser beams as the reflector rotates. A scan format employing simultaneously illuminated diagonal scan tiles provides optimal use of the plural laser beam arrays.

**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece			TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MN	Mongolia	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MR	Mauritania	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MW	Malawi	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	MX	Mexico	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Netherlands	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NO	Norway	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	NZ	New Zealand		
CM	Cameroon			PL	Poland		
CN	China	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		

## LIGHT BEAM DISPLAY

### RELATED APPLICATION INFORMATION

This application is a continuation of U.S. Serial No. 09/169,163 filed  
5 October 8, 1998, which in turn is a continuation-in-part of U.S. Serial No.  
08/887,947 filed on July 3, 1997, which in turn is a continuation of U.S. Serial  
No. 08/162,043 filed on February 2, 1994, now U.S. Patent No. 5,646,766.  
The disclosure of the above noted patent and applications are incorporated  
herein by reference.

### 10 BACKGROUND OF THE INVENTION

#### 1. Field of the Invention

The present invention relates to methods and apparatus for displaying  
an image by employing a light beam or beams.

#### 2. Description of the Prior Art and Related Information

15 High resolution displays have a variety of applications, including  
computer monitors, HDTV and simulators. In such applications, the primary  
considerations are resolution, maximum viewable area, cost and reliability.  
Although a number of approaches have been employed including CRT  
displays, rear projection and front projection displays, plasma displays and  
20 LCDs, none of these have been able to satisfactorily provide all the above  
desirable characteristics. In other display applications, such as control panel  
displays, and vehicle and aircraft on-board displays, resolution is of less  
importance than brightness, compact size and reliability.

Although lasers potentially can provide many advantages for displays  
25 of both types noted above, laser based displays have not been widely  
employed. This is due in large part to limitations in the laser scanning  
engines available. One conventional approach to scanning a laser beam  
employs a rotating mirror to scan the laser beam in a linear direction as the  
mirror rotates. Typically, the mirror is configured in a polygon shape with

each side corresponding to one scan length of the laser beam in the linear direction.

An example of such a rotating polygon laser beam scanner is illustrated in Figure 1. The prior art laser beam scanning apparatus shown in

5 Figure 1 employs a polygon shaped mirror 1 which receives a laser beam provided by laser 2 and deflects the laser beam in a scanning direction X as the polygon 1 rotates. It will be readily appreciated from inspection of the geometry of Figure 1 that such a rotating polygon system has the ability to scan the laser beam through a maximum angle of  $180^\circ$  with a scan line  
10 duration determined by the rotational speed of the polygon divided by N, where N is the number of polygon sides. Also, it will be appreciated that for large N the scan angle may be significantly reduced below  $180^\circ$ . Thus, for the eight sided polygon configured as illustrated in Figure 1, the laser beam is scanned through an angle of about  $90^\circ$  with the duration of each scan line  
15 being  $1/8$  the period for one rotation of the polygon.

The laser scanning apparatus illustrated in Figure 1 has the advantage of being quite simple, and is suitable for some applications. Nonetheless, this conventional laser scanning apparatus is not suitable for high resolution displays since the inherent limitations of such apparatus  
20 make it difficult to simultaneously achieve a high degree of resolution, high scanning speed and a large scanning angle. More specifically, a high degree of resolution requires a relatively large polygon with few sides. That is, if the laser beam is to provide accurate information as it is scanned along the scan direction, modulation of the laser beam as it traverses the surface of the  
25 polygon side must unambiguously provide discrete points in the scan direction. Thus, each side of the polygon must increase with the beam diameter and the number of discrete scan points (n). Therefore, high resolution, corresponding to a very large number (n) of discrete scan points, in general requires large polygon sides. This limitation is particularly  
30 significant where the scanned beam target surface is located close to the



polygon mirror. Also, as noted above, the scan angle is reduced as the number of polygon sides is increased. Therefore, high resolution and high scan angle require a large polygon with relatively few sides.

5 The requirements of a large polygon with few sides, however, mitigate against a high scan rate and thus severely restricts resolution and/or refresh rate of a display based on such a laser beam scanning apparatus. As indicated above, scanning speed is directly related to the number of polygon sides. Therefore, a polygon with few sides requires very high speed rotation to achieve high scanning speed. Rotating a large polygon at high speed  
10 creates mechanical problems, however. In particular, high speed rotation introduces vibrations, stress on the moving parts, and reduced accuracy in the registration of the mirror relative to the laser beam. These factors collectively limit the rotational speed of the mirror, and hence the beam scan rate.

15 As noted above, another category of display application of increasing importance requires relatively small but robust displays having good brightness and acceptable resolution for graphics, such as maps, and text. Such displays have significant applications in automobiles and other vehicles. In such applications, a laser based display has potential  
20 advantages due to its brightness. However, once again, the existing laser beam scanning apparatus are not well suited. In particular, the optical path of the laser beam is quite short in such applications due to the compact space available for the display. This requires the size of the rotating polygon to be increased. However, mechanical instability is associated with large  
25 rotating polygons and is a serious detriment for such applications, where reliability is critical.

Accordingly, it will be appreciated that a need thus presently exists for an improved laser beam display apparatus.

## SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention provides a display apparatus and method employing scanning of light beams through a large scan angle at high speed and with a high degree of accuracy to provide a high resolution display. The present invention further provides a light beam display apparatus having a relatively compact configuration for a given screen size and which is relatively free of vibration or other mechanical problems even at high resolutions and refresh rates.

The present invention provides a laser beam display which includes a first and second plurality of light beam sources, each of which may preferably be an array of semiconductor lasers, providing a plurality of light beams in an optical path so as to simultaneously reflect off plural reflective facets of a movable reflector and illuminate a display screen. In a color display, each column of the laser array corresponds to a separate primary color and the separate rows of the array correspond to independently activated but simultaneously driven scan lines to be illuminated by the laser beam scanning apparatus. The plural laser beam arrays subdivide the width of the screen into smaller scan segments to increase the scanning angle or increase the horizontal scanning speed of the apparatus. A scan format employing simultaneously illuminated diagonal scan tiles provide optimal use of the plural laser beam arrays.

More specifically, in a preferred embodiment the light beam scanning apparatus of the present invention includes an input for receiving video data including a plurality of horizontal lines of display information and a high speed memory for storing the video data for plural horizontal lines. First and second light diode arrays are provided, each comprising a plurality of rows and at least one column. A control circuit controls simultaneous activation of the light beams in accordance with the video data from plural horizontal lines stored in the high speed memory. An optical path including a movable

reflector directs the simultaneously activated plural beams from both diode arrays off of at least two facets of the movable reflector to the display screen.

In a further aspect the present invention provides a method of displaying information on a display screen employing a plurality of light beam sources and a rotatable reflector having a plurality of reflective facets tilted at different angles. A first plurality of light beams are directed to a first facet of the movable reflector tilted at a first angle, and from the first facet to the display screen, from the first light beam source. A second plurality of light beams are directed to a second facet of the movable reflector tilted at a different angle, and from the second facet to the display screen, from the second light beam source. The reflector is rotated so as to cause the first and second plurality of light beams to simultaneously trace out parallel multi-line scan segments on the display screen. The parallel scan segments are displaced vertically on the screen by the tilted facets so as to provide a generally diagonal configuration on the display screen. The entire screen is illuminated by tiling the screen with these diagonal scan patterns as different tilted facets rotate into the optical path of the light beams.

Further features and advantages of the present invention will be appreciated from the following detailed description of the invention.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 is a top schematic view of a prior art laser scanning apparatus.

5 Figure 2 is a schematic drawing of a laser beam display in accordance with a preferred embodiment of the present invention.

Figure 3 is a schematic drawing of a scan pattern in accordance with the operation of the laser display of the present invention.

10 Figures 4A-4C are schematic drawings of a scan pattern provided in accordance with a preferred mode of operation of the laser beam display of the present invention.

Figure 5 is a block schematic drawing of the circuitry of a preferred embodiment of the laser beam display of the present invention.

Figure 6 is a partial cutaway view of a laser diode array in accordance with the present invention.

15 Figures 7A and 7B illustrate an alternate embodiment of the present invention employing a fiber optic laser beam delivery head.

Figure 8 illustrates two fiber optic delivery heads in accordance with the alternate embodiment of the present invention.

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Referring to Figure 2, a preferred embodiment of the laser beam display apparatus of the present invention is illustrated in a schematic drawing illustrating the basic structure and electronics of the embodiment.

- 5 The dimensions of the structural components and optical path are not shown to scale in Figure 2, and the specific dimensions and layout of the optical path will depend upon the specific application.

As shown in Figure 2, the laser beam scanning apparatus includes a multifaceted polygon reflector 32. The polygon shaped reflector 32 is preferably coupled to a variable speed motor 36 which provides for high speed rotation of the reflector 32 such that successive flat reflective facets on the circumference thereof are brought into reflective contact with the laser beams. The rotational speed of the reflector 32 is monitored by an encoder (not shown) which in turn provides a signal to motor control circuit (which may be included in the control electronics 220). The motor control circuitry, power supply and angular velocity control feedback may be as described in U.S. Patent No. 5,646,766 the disclosure of which is incorporated herein by reference. Although a wheel shaped multi-faceted reflector 32 is presently preferred, it will be appreciated that other forms of movable multi-sided reflectors may also be employed to consecutively bring reflective flat surfaces in reflective contact with the laser beams. Such alternate reflectors may be actuated by any number of a wide variety of electromechanical actuator systems, including linear and rotational motors, with a specific actuator system chosen to provide the desired speed of the facets for the specific application.

The apparatus of Figure 2 further includes a first source 200 of a plurality of laser beams 202, which plural beams may include beams of different frequencies/colors as discussed in detail below, and an optical path for the laser beams between the laser source 200 and a display screen 206. A second source 300 of a plurality of beams 302 is also provided, with a

generally parallel optical path to display screen 206. As one example of a presently preferred embodiment the laser sources 200, 300 may each comprise a rectangular array of laser diodes having a plurality of rows and at least one column. A monochrome display may have a single column for  
5 each diode array whereas a color display may have 3 columns. A color array thus provides the 3 primary colors for each row. The number of rows corresponds to the number of parallel scan lines traced out on the display screen 206 by each diode array. For example, 14 rows of diodes may be employed. Each two-dimensional diode array 200, 300 may thus provide  
10 from 1 to 42 separate laser beams 202, 302 simultaneously (under the control of control electronics 220, discussed below). Other sources of a plurality of laser beams may also be employed. For example, a single beam may be split into a plurality of independently modulated beams using an AOM modulator, to thereby constitute a source of a plurality of beams. Such  
15 an approach for creating plural beams using an AOM modulator is described in U.S. Patent No. 5,646,766, incorporated hereby by reference.

The optical path is configured such that the laser beams intercept the rotating polygon 32 in a manner so as to provide a desired scan range across display screen 206 as the polygon rotates. The optical path will  
20 depend on the specific application and as illustrated may employ one or more reflective optical elements 212 to increase the path length. Also, one or more lenses 214, 314, may be provided for each laser beam 202, 302 so as to focus the beams with a desired spot size on display screen 206.

It will be appreciated that a variety of modifications to the optical path  
25 and optical elements illustrated in Figure 2 are possible. For example, additional optical elements may be provided to increase the optical path length or to vary the geometry to maximize scan range in a limited space application. Alternatively, the optical path may not require any path extending elements such as reflective element 212 in an application allowing  
30 a suitable geometry of beam sources 200, 300, reflector 32 and screen 206.

Similarly, additional focusing or collimating optical elements such as lenses 214 may be provided to provide the desired spot size for the specific application. In other applications the individual focusing elements 214, 314 may be combined for groups of diodes. For example, all the diodes in a single row of a diode array may be focused by a single optical focusing element 214, 314. In yet other applications, the focusing elements may be dispensed with if the desired spot size and resolution can be provided by the laser beams emitted from the diode arrays 200, 300 itself. The screen 206 in turn may be either a reflective or transmissive screen with a transmissive diffusing screen being presently preferred for compact displays or where a high degree of brightness is desired.

As further illustrated schematically in Figure 2, the laser beam sources 200, 300 provide the plurality of laser beams, illustrated generally by beams 202, 302 in Figure 2, simultaneously on respective facets 204, 304 of the rotating reflector 32. In particular, plural beams 202 are simultaneously directed to respective spots or pixels on display 206 via facet 204. Plural beams 302 via facet 304 are in turn simultaneously directed to a different set of pixels on display 206. A plurality of beams from a laser source 200 or 300 may also simultaneously illuminate a single pixel. In particular, in a color display all three diodes in a single row of the diode array may simultaneously illuminate a single pixel. Even in a monochrome display application plural beams may be combined at a single pixel to provide increased brightness. This combination of plural beams to plural pixels is illustrated generally in Figure 2 by the four laser beams simultaneously being directed to display 206, each of which preferably includes plural distinct component beams of different frequency or color. The specific manner in which the beams 202, 302 trace out the video data on the screen 206 will be described in more detail below in relation to Figures 3 and 4A-4C.

Still referring to Figure 2, the diode arrays 200, 300 are driven by control signals provided from control electronics 220 which in turn receives

the video information to be displayed from video data source 100. Video data source 100 may comprise any source of video information to be displayed on display 206 and may comprise a source of analog or digital video signals in any of a variety of known formats. Control electronics 220  
5 converts the video data provided from source 100 to digital form if necessary and then to a parallel scan format adapted for the specific scan pattern provided by the diode arrays 200, 300, as described in more detail below.

Referring to Figure 3, the manner in which the multiple diode arrays 200, 300 simultaneously provide plural beams to plural facets and provide an  
10 increased scanning speed and/or scanning angle for the display, is illustrated.

In Figure 3, a front view of display screen 206 is schematically illustrated with the usable part of the screen having a width dimension (W) and a height dimension (H). The display shown is for a color display, with  
15 three beams of different color light simultaneously activated and focused on each pixel 210, 310, from each of the laser sources 200, 300, respectively. These individual beams preferably correspond to the three primary colors red, blue and green to provide a color image on display 206. Thus, for the two sets of pixels 210, 310 illustrated in Figure 3, red, blue and green laser  
20 beams (RBG) are provided simultaneously by laser sources 200, 300.

As shown in Figure 3, the width dimension (W) of display screen 206 may be subdivided into plural horizontal scan segments corresponding to the number of diode arrays. Although two horizontal scan segments 208, 308 are illustrated, corresponding to two diode arrays 200, 300, the number of  
25 such segments and diode arrays is not so limited and generally may be 2-10 or greater in number. In the first horizontal scan segment 208 a first plurality of beams is provided from diode array 200 to plural rows of pixels 210 as illustrated in Figure 3 to trace out a first set of scan lines 212. At the same time a plurality of beams from diode array 300 illuminate plural rows of pixels  
30 310 which trace out a second set of scan lines 312 in the second horizontal



scan segment 308. These respective beams, scanned along plural horizontal scan lines by rotation of reflector 32, thus generate a first vertical scan segment 316. Accordingly, it will be appreciated that for rotation of the polygon 32 through an angular range corresponding to a single facet width, the width scanned out on the screen 208 will be double that provided by single source of laser beams. Accordingly, a concomitant increase in scanning speed and/or screen size is provided.

The vertical range or height (H) of the display screen 208 is scanned out by repeating the parallel scanning for each of the vertical scan segments 316. It will be appreciated that to consecutively scan the laser beams over the respective vertical scan segments 316, some means is required for shifting the beams vertically to cover the entire vertical distance H shown in Figure 3. Several different such means for vertically shifting the beams are described in U.S. Patent No. 5,646,766 the disclosure of which is incorporated herein by reference.

In a presently preferred embodiment the vertical shifting of the beams is achieved by using facets of the rotating polygon 32 which are angled at differing degrees relative to the axis of rotation of the polygon 32. Each differing facet angle thus corresponds to a different vertical position on the display screen 206 allowing the different vertical scan segments 316 to be traced out as the laser beams 202, 302 intercept consecutive ever more tilted facets. Therefore, one rotation of the polygon 32 will result in all the vertical scan segments 316 being illuminated providing an image on the entire usable surface area of display screen 206.

In accordance with the use of tilted facets of the rotating polygon reflector 32 as a means for vertically shifting the laser beams, a modification of the scanning format of Figure 3 is preferably employed. In particular, a diagonal "tiling" scan format is preferably employed. This scan format is illustrated in Figures 4A-4C, which Figures show consecutive sections of the screen 206 being illuminated by the laser beams in a tiling pattern. The

example of the diagonal tiling scan format shown in Figures 4A-4C includes 14 rows of laser diodes being simultaneously provided from each of laser beam sources 200 and 300 and a rotating polygon reflector 32 having N facets (or an integer multiple thereof, plus any "dead" facets between  
5 frames). Each of the N facets is tilted at a different angle, the angle for each facet corresponding to a different vertical position on the display 206 as generally indicated to the left of each vertical scan segment in Figures 4A-4C. The numbering of the facets for Figures 4A-4C is such that facet 1 corresponds to the facet tilted to illuminate the top of the display screen 206  
10 whereas facet N is tilted to illuminate the bottom of display screen 206.

Referring first to Figure 4A, the scan pattern begins with a first scan tile 400-1 illuminated by the laser beams from the first laser beam source, i.e., diode array 200, striking facet 1 of the rotating polygon reflector 32 and being scanned across the width of a horizontal scan segment 208. In this  
15 way, for the example of a 14 row diode array 100, 14 rows of video information are scanned in parallel across the horizontal scan segment in the first tile 400-1. The number of pixels of resolution in the horizontal direction depends on the video data and the particular application; for example, 320 pixels is a specific example for a high resolution display, but fewer or greater  
20 pixels may be provided.

Referring to Figure 4B, the scan pattern is illustrated after the rotating polygon reflector 32 has rotated facet 1 into the optical path of the second laser beam source, i.e., diode array 300, and the second facet is in the optical path of the first laser beam source. Rotation of the reflector at this  
25 time scans the laser beams from the first and second laser beam sources over the two diagonally configured tiles 400-2 illustrated in Figure 4B. This diagonal tiling scan pattern continues with the next consecutive tilted facet (facet 3) entering the optical path of the laser beam sources to illuminate diagonal tiles 400-3 as illustrated in Figure 4C. This pattern continues until  
30 the entire display screen 206 has been illuminated by the laser beams. As

used herein, the term "parallel scan segments" will refer to the tiles which are scanned out together in parallel, e.g., the tiles 400-2 in Figure 4B and the tiles 400-3 illustrated in Figure 4C.

It will be appreciated that if additional laser beam sources are provided the tiling pattern illustrated in Figures 4A-4C will add additional horizontal scan segments. The diagonal tiling pattern in turn will extend across the entire width of the display with the number of tiles simultaneously illuminated equal to the number of horizontal scan segments. Thus, for example, if three diode arrays were employed the scan pattern corresponding to Figures 4B and 4C would include three diagonally spaced tiles illuminated simultaneously. Similarly, more tiles will be simultaneously illuminated for greater numbers of laser beam sources, which as noted above may be 2-10 in number or even greater if desired for the particular application.

It will be appreciated by those skilled in the art that the ability to provide multiple tiles each multiple beams deep on display screen 208 has significant advantages in display applications. The above example using a 14 x 3 rectangular diode array provides a reasonable compromise between scanning speed and size of the diode arrays 200, 300 and a 504 line color image could thus be provided onto the display screen 206 by 36 scans of the laser beams in the horizontal direction across the display screen 206. Thus, 36 independently tilted facets could provide scanning of all 504 lines of the display 206 in a single rotation of rotating polygon 32. Therefore, the combination of the two-dimensional diode arrays 200, 300 and a multifaceted tilted facet polygon 32 allows the size and rotational velocity of the rotating polygon 32 to be reduced without compromising resolution or display size. It will be appreciated by those skilled in the art that a variety of different combinations of diode array dimensions and/or rotating polygon 32 configurations may be provided depending upon the specific requirements of any given application including cost, space available for the laser beam

scanning apparatus, screen size desired, total number of scan lines required, etc. Furthermore, while a rectangular array of diodes has the advantage of ease of layout and adapts well to a rectilinear scanning of lines in a typical display application, it will be appreciated that other diode array configurations  
5 can also be employed.

The display of the present invention has a further advantage for color display applications over conventional color displays. Conventional displays, e.g., cathode ray tube (CRT) displays, cannot provide different colors precisely at a single pixel region since the phosphorous employed must have  
10 different characteristics for the different colors and must be separated. Therefore, the individual colored pixels in CRT displays are arranged side by side in a manner which optically is perceived as a single pixel by the eye. For very high resolutions, however, the limitation of having to provide three separate pixel regions for each pixel of the display can negatively impact on  
15 the resolution of the display. The present invention, however, can place the three distinct color laser beams on precisely the same pixel spot, whether for a reflective or transmissive type display screen 208, thereby avoiding a side by side placement of the color pixel regions.

Referring to Figure 5, a block schematic drawing of the control  
20 electronics 220 is illustrated. The control electronics receives a video input signal from the video source along line 222. As noted above, the input signal may be of any of a number of conventional formats, e.g., NTSC interlaced or progressive scan formats, and may be either analog or digital in nature. The signal is provided to video interface 286 which, in the case of an analog input  
25 video signal provided along line 222, will provide analog to digital conversion of the input signal. Video interface 286 outputs the digital video data in serial format along line 288 to serial to parallel converter 290. Serial to parallel converter 290 operates in conjunction with video RAM controller 292 to convert the serial video data, which may typically be in a raster scan format,  
30 to a parallel scan format corresponding to the parallel tiling scan pattern

illustrated in Figures 4A-4C. Video RAM controller 292 will include a high speed temporary memory such as a random access memory (RAM) or FIFO buffer of sufficient capacity to hold at least one parallel scan segment of video data, e.g., corresponding to two scan tiles. The video sync signals in  
5 the video data provided along line 288 in turn are passed through beam timing logic 294 which synchronizes the parallel scan segments with the start of frame and start of line signals typically provided in an analog or digital video signal and provides the parallel scan timing signals to the video RAM controller 292. The output of video RAM controller 292 in turn is provided  
10 independently to the red, green and blue video driver circuitry 278, 282 and 280, respectively, in the form of digital color intensity signals to allow a gray scale color control for a desired palette of colors for the color display. The video driver circuitry in turn converts the digital color intensity signals to analog drive signals provided to the individual diodes in the diode array 200  
15 (or 300, not shown in Figure 5) to turn them on and off with an intensity related to the gray scale drive signal and provide the desired color for each pixel.

Referring to Figure 6, one embodiment of the diode array 200 is illustrated in a perspective cutaway view (diode array 300 will be of identical  
20 structure and hence is not shown). As shown, the diode array 200 is provided by a compact configuration of individual laser diodes 230, e.g., color specific diodes, 230R, 230B and 230G. The individual laser diodes 230 are configured in a compact housing 240 which in turn may be mounted to a printed circuit board or other suitable support structure via mounting bracket  
25 242. Alternatively, adhesive or other suitable mounting techniques well known to those skilled in the art may be employed. As further illustrated in Figure 6, the individual laser diodes may preferably include a focusing lens cap 232 affixed to the output portion of the laser diode to provide an initial focusing of the laser beam. The power and control signals in turn are  
30 provided to the individual laser diodes through a suitable electrical

connection, such as flex circuit 250 illustrated in Figure 6. Flex circuit 250 is electrically and mechanically coupled to the housing 240 and individual diodes 230 via a plug connector 252. It will be appreciated that a variety of other electrical connection approaches may also be employed, however, including individual electrical connections to each laser diode 230 or provision of independent printed circuit boards for each column of the diode array. The flex circuit 250 is coupled to control electronics 220 which in turn is preferably configured on a printed circuit board. The control electronics may, however, be provided on the same circuit board which receives mounting bracket 242 or to which the housing 240 is otherwise directly mounted.

Referring to Figures 7A and 7B, an alternate embodiment of the laser source 200 and associated electronics is illustrated which employs a fiber optic laser beam delivery head which may be advantageous for applications having space limitations or other constraints requiring a compact laser delivery head.

As shown in Figure 7A, the fiber optic laser beam delivery head 260 includes a bundle of optical fibers 262 arranged in a compact rectangular array within a housing 264. The ends of each of the optical fibers 262 may preferably include a focusing end cap element 266 as more clearly illustrated in Figure 7B. Although the illustration of Figure 7B is not intended to show the accurate optical shape of the focusing element 266, it does illustrate the compact manner in which it can be integrated with the optical fiber 262. Referring again to Figure 7A, the opposite end of each optical fiber 262 is coupled to the output of a corresponding laser diode 268. An optional additional collimator and focuser 270 may be provided at the output of the individual laser diodes 268 depending upon the length of the optical fiber 262 and the output characteristics of the laser diodes 268. The individual laser diodes 268 and optional collimator/focusing elements 270 for each column of the diode array may be mounted on separate circuit boards 272, 274, 276 as

illustrated in Figure 7A or a single circuit board, space permitting. The length of the optical fibers 262 is chosen to enable the laser array delivery head 260 to be conveniently mounted in the desired optical path relative to the display screen 206. The individual laser diodes 268 in turn are powered by  
5    respective red, blue, and green video driver circuitry 278, 280, 282 which form part of control electronics 220 as described above. The video driver circuitry may be configured on the same circuit boards 272, 274, 276 as the laser diodes or on a separate circuit board depending on the specific application and space requirements.

10       Referring to Figure 8, a compact circuit board implementation of the laser diodes driving plural fiber optic delivery heads is illustrated. As shown, two fiber optic delivery heads 330, 332 are coupled to a plurality of laser diodes 334 via optical fibers 336. The individual laser diodes 334 may be configured on a single circuit board 338 as illustrated or may be split into  
15    separate boards depending on the space requirements of the specific application. Also, as in relation to the embodiment described above in relation to Figure 7A, optical collimator/focusing elements 340 may be provided between the output of the laser diodes and the optical fibers. As also more clearly shown in Figure 8, the control electronics splits the video  
20    driver signals for each color (red being illustrated in Figure 8) into parallel drive signals corresponding to the two fiber optic delivery heads

While the foregoing detailed description of the present invention has been made in conjunction with specific embodiments, and specific modes of operation, it will be appreciated that such embodiments and modes of  
25    operation are purely for illustrative purposes and a wide number of different implementations of the present invention may also be made. Accordingly, the foregoing detailed description should not be viewed as limiting, but merely illustrative in nature.

What is Claimed Is:

1. A light beam display apparatus, comprising:  
a display screen having a vertical and a horizontal dimension;  
5 a first plurality of light beam sources configured in an array comprising  
a plurality of rows and at least one column;  
a second plurality of light beam sources configured in an array  
comprising a plurality of rows and at least one column;  
control means for simultaneously activating said first and second  
10 plural light beam sources; and  
an optical path including a movable reflector having a plurality of  
reflective facets between the display screen and the first and second light  
beam sources for directing said simultaneously activated plural light beams  
to the display screen via respective first and second facets of the movable  
15 reflector to simultaneously illuminate different horizontal regions of the  
display.
2. A light beam scanning apparatus as set in claim 1, wherein the  
movable reflector is a rotatable polygon and wherein the light beam scanning  
apparatus further comprises a motor for rotating the polygon at a  
20 predetermined angular speed thereby bringing successive facets into the  
optical path so as to intercept the plural light beams.
3. A light beam scanning apparatus as set in claim 1, wherein the  
light beam sources in each column of the array correspond to a different  
color of light.
- 25 4. A light beam scanning apparatus as set out in claim 3, wherein  
the array has three columns and wherein each column corresponds to a  
light beam source having a primary color.



5. A light beam scanning apparatus as set out in claim 1, wherein the plurality of light beam sources comprise semiconductor lasers.

6. A light beam scanning apparatus as set out in claim 5, wherein the light beam sources comprise semiconductor diodes.

5 7. A light beam scanning apparatus as set out in claim 1, further comprising means for shifting the light beams so as to illuminate different vertical scan segments of the display screen.

8. A light beam scanning apparatus as set out in claim 7, wherein the means for shifting comprises a plurality of reflective facets configured on  
10 the movable reflector tilted at differing degrees.

9. A light beam scanning apparatus as set out in claim 8, wherein movable reflector is a rotating polygon and wherein the tilted facets are tilted relative to the axis of rotation of the polygon so as to direct the light beams to varying vertical scan segments on the display screen.

15 10. A light beam scanning apparatus comprising:  
an input for receiving video data, the video data including a plurality of horizontal lines of display information;  
a display screen;  
a first plurality of light beam sources configured in an array comprising  
20 a plurality of rows and at least one column;  
a second plurality of light beam sources configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column;  
a movable reflector having a plurality of reflective facets tilted at differing angles;  
25 a memory for storing a plurality of horizontal lines of video data;

a control circuit for simultaneously activating said light beam sources in accordance with video data from plural horizontal lines stored in said memory; and

an optical path between the display screen, the movable reflector and the first and second plurality of light beam sources for directing said simultaneously activated plural beams to at least two facets of the movable reflector and to the display screen, wherein the movable reflecting scans each of the first and second plurality of light beams over only a portion of a horizontal line.

10            11. A light beam scanning apparatus as set in claim 10, wherein the movable reflector is a rotatable polygon and wherein the light beam scanning apparatus further comprises a motor for rotating the polygon at a predetermined angular speed thereby bringing respective facets into the optical path so as to intercept the plural light beams.

15            12. A light beam scanning apparatus as set in claim 10, wherein each of the arrays of light beam sources have plural columns which correspond to a different color of light.

              13. A light beam scanning apparatus as set out in claim 12, wherein each array has three columns and wherein each column  
20            corresponds to a light beam source of a primary color.

              14. A light beam scanning apparatus as set out in claim 10, wherein the plurality of light beam sources comprise semiconductor lasers.

              15. A light beam scanning apparatus as set out in claim 10, wherein each array comprises an array of fiber optic fibers mounted in an  
25            array and coupled optically to respective light emitting diodes.

16. A method of displaying information on a display screen employing a plurality of light beam sources and a movable reflector having a plurality of reflective facets tilted at different angles, comprising the steps of:

5 directing a first plurality of light beams to a first facet of the movable reflector, and from the first facet to the display screen;

directing a second plurality of light beams to a second facet of the movable reflector, and from the second facet to the display screen;

moving the reflector so as to cause the first and second plurality of light beams to simultaneously trace out in a first direction parallel multi-line

10 scan segments on the display screen, the parallel scan segments being displaced in a second direction so as to provide a generally diagonal configuration on the display screen.

17. A method as set out in claim 16, wherein said display screen has a generally rectangular configuration and wherein said first direction

15 corresponds to the horizontal dimension of said screen and said second direction corresponds to the vertical dimension of said screen.

18. A method as set out in claim 17, wherein the entire display is illuminated by sequentially illuminating parallel scan segments employing different sets of tilted facets in the optical path of the light beams..

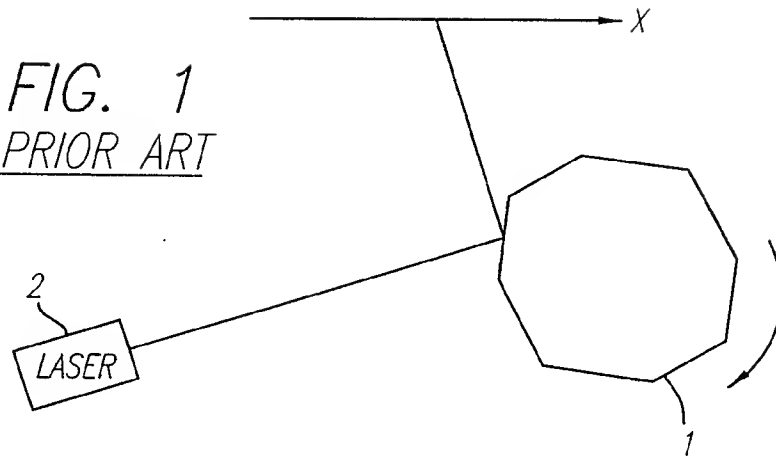
20 19. A method as set out in claim 17, wherein the parallel scan segments comprise diagonally adjacent rectangular segments of the display screen.

20. A method as set out in claim 18, wherein the parallel scan segments each have a plurality of different horizontal scan lines of video

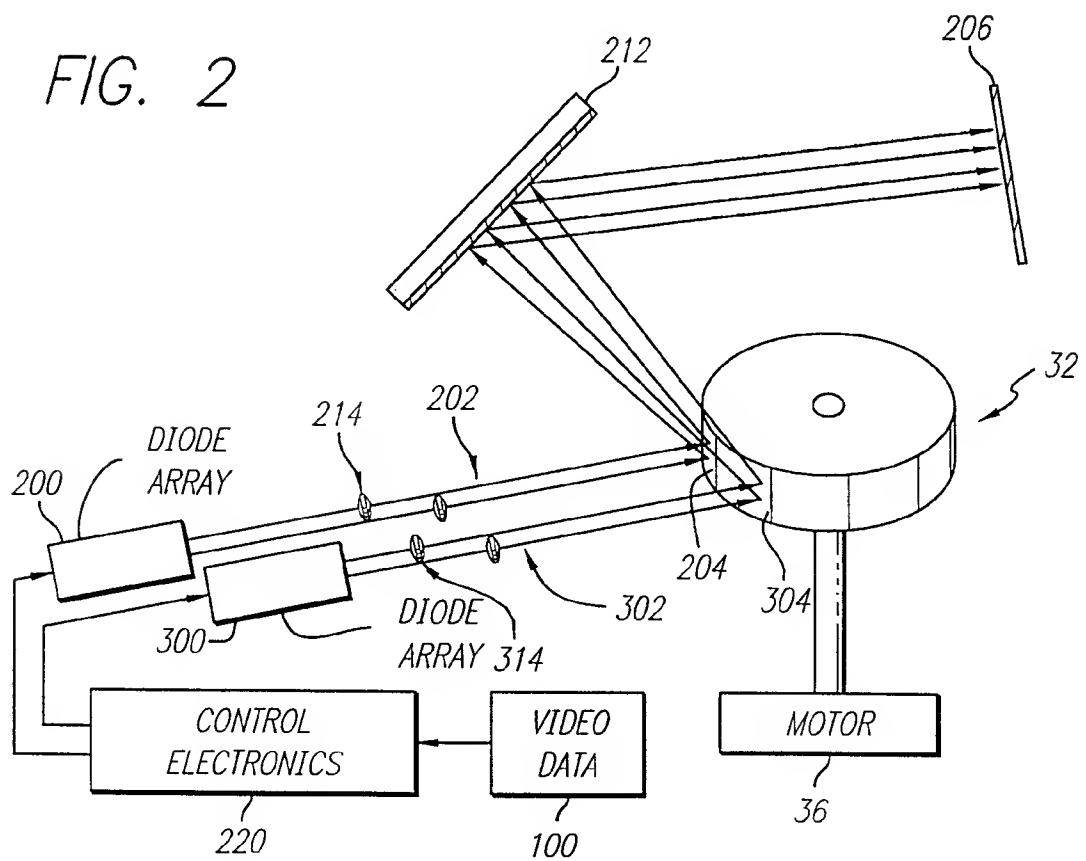
25 information.

1/7

*FIG. 1*  
*PRIOR ART*



*FIG. 2*



2/7

FIG. 3

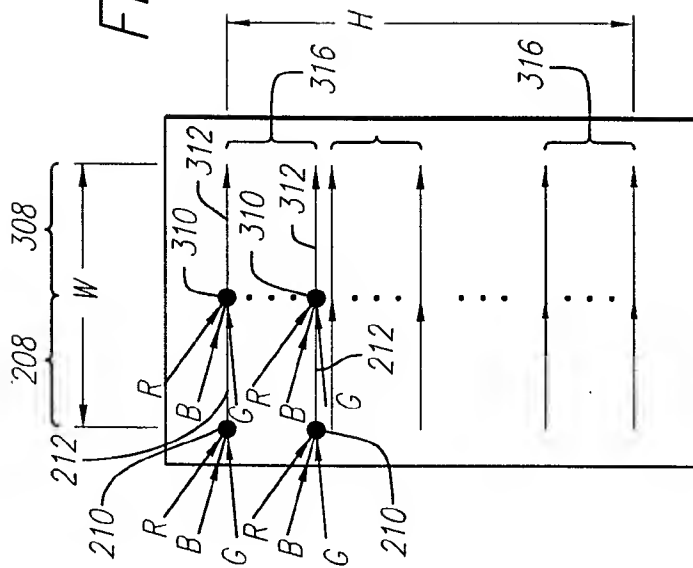
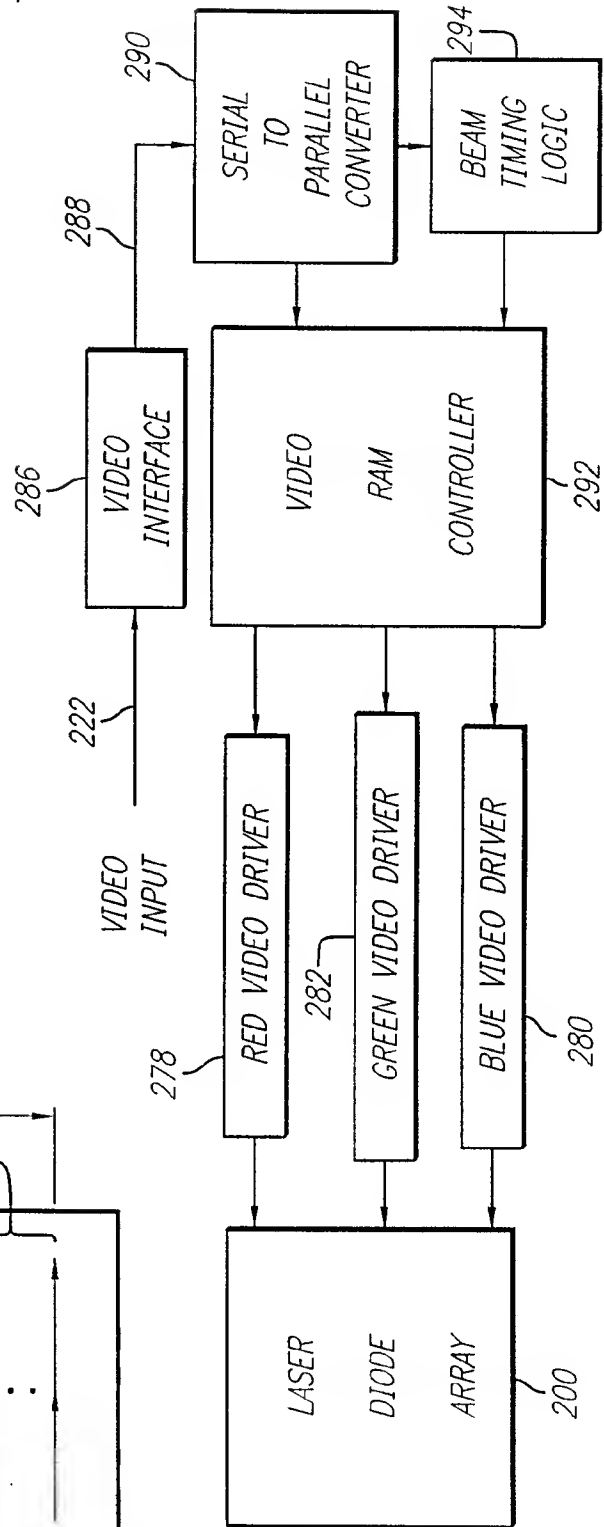


FIG. 5





4/7

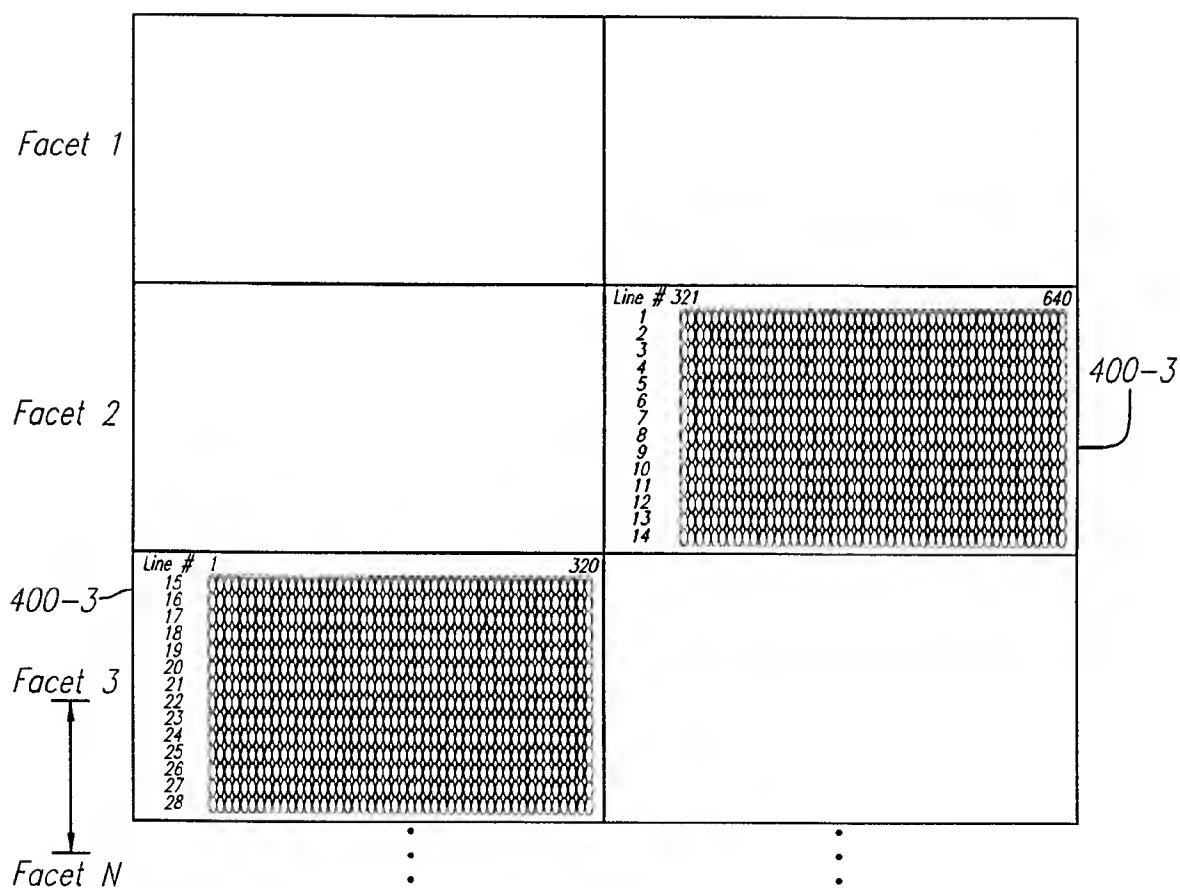


FIG. 4C

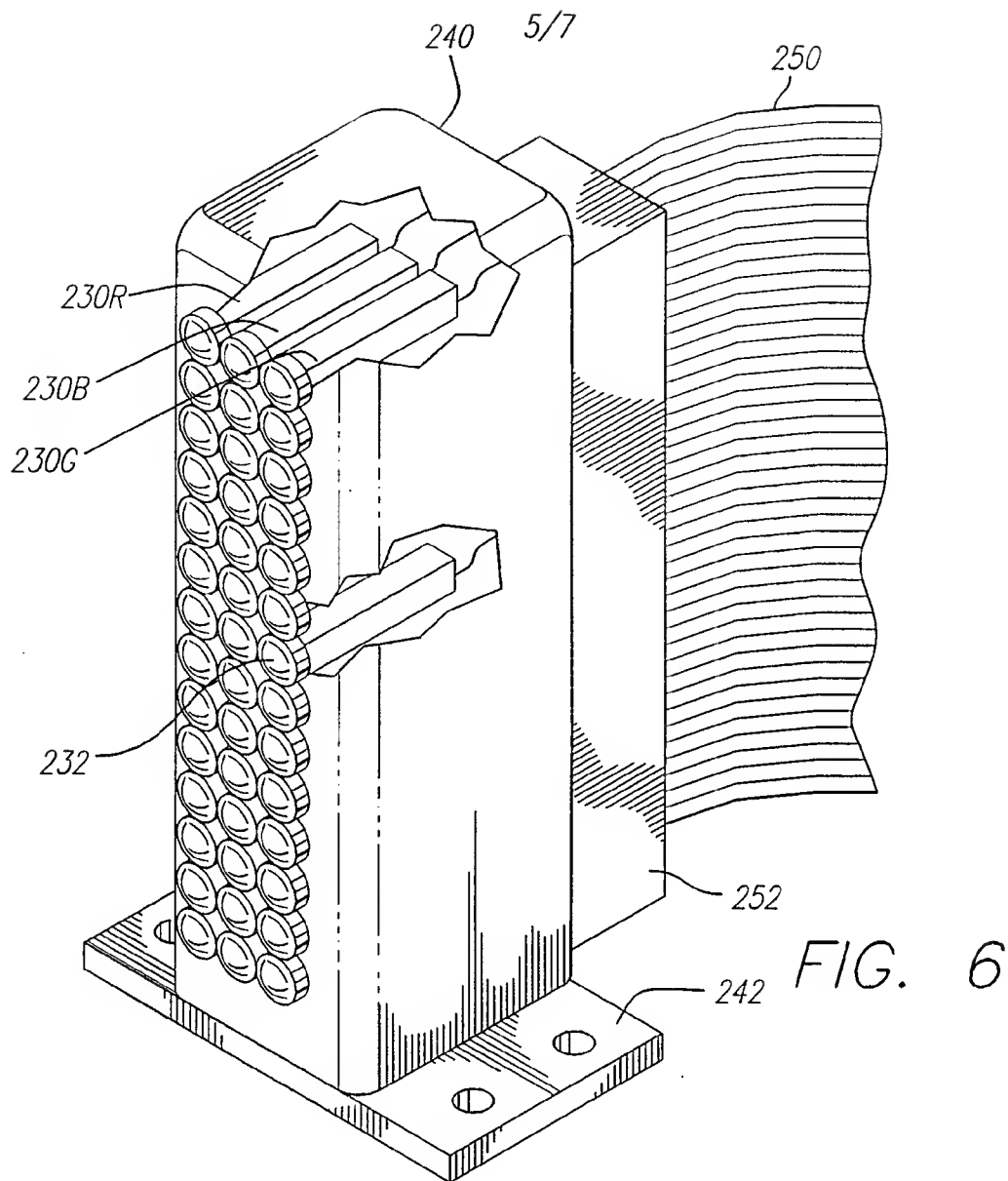
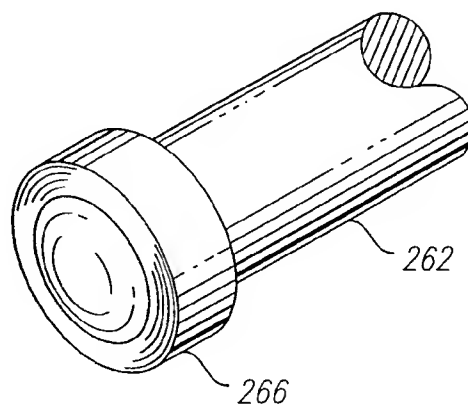


FIG. 7B





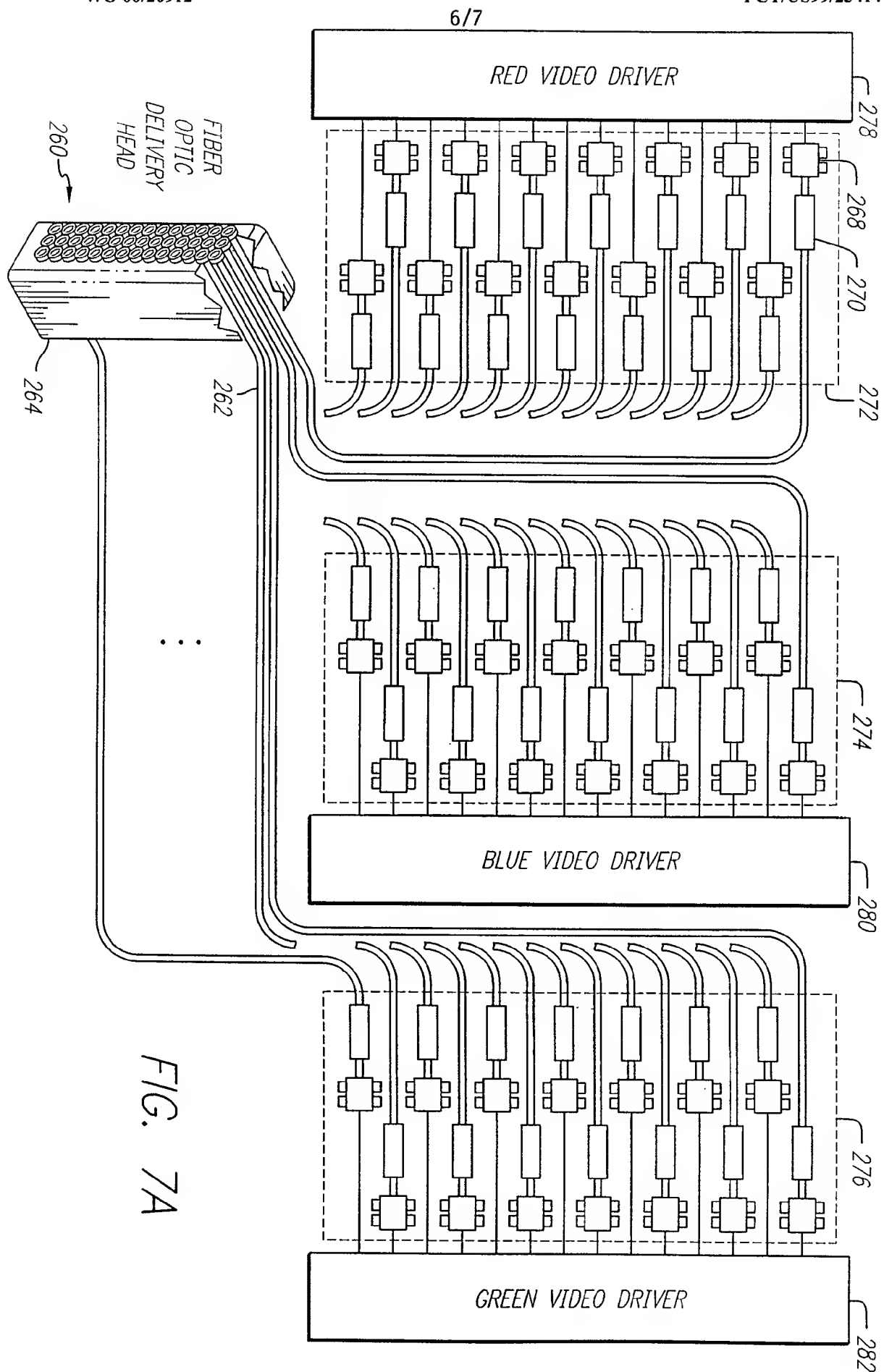
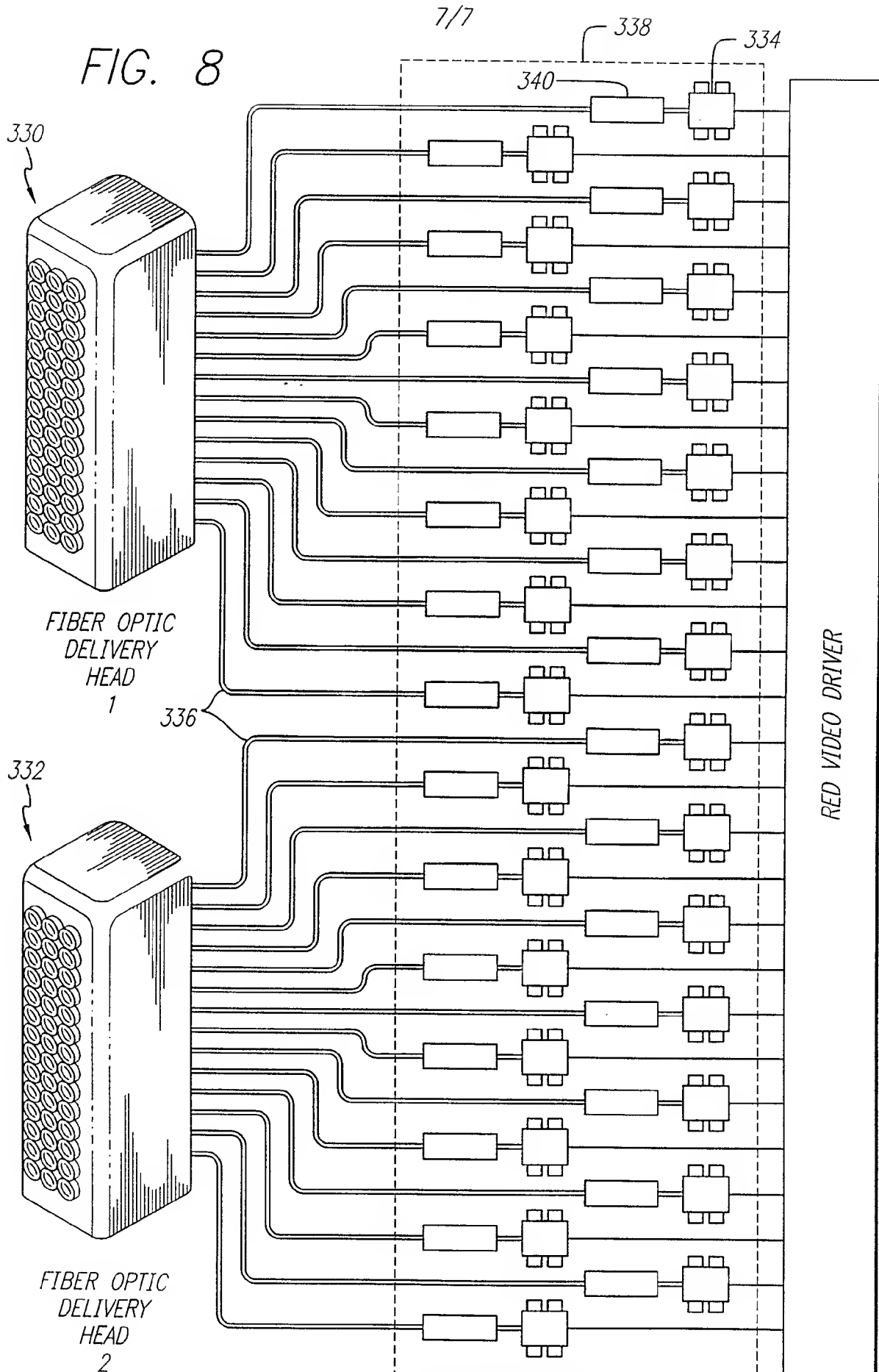


FIG. 7A

FIG. 8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US99/23414

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) : G02B 26/08; G02F 1/00; H04N 3/08, 5/74, 9/31

US CL : 359/197, 204, 212, 216; 348/203, 750, 756, 760

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 359/196, 197, 204, 212, 216, 217, 218, 219, 220; 347/ 231, 232, 233; 348/203, 750, 756, 760

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
NONE

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

US APS,  
search terms: laser arrays, projection screen, scanning, facets

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5,715,021 A (GIBEAU et al) 03 February 1998 (03.02.98), see the entire document.	1-20
A,E	US 5,874,929 A (OPower et al) 23 February 1999 (23.02.99), see the entire document.	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
03 DECEMBER 1999

Date of mailing of the international search report  
17 DEC 1999

Name and mailing address of the ISA/US  
Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3230

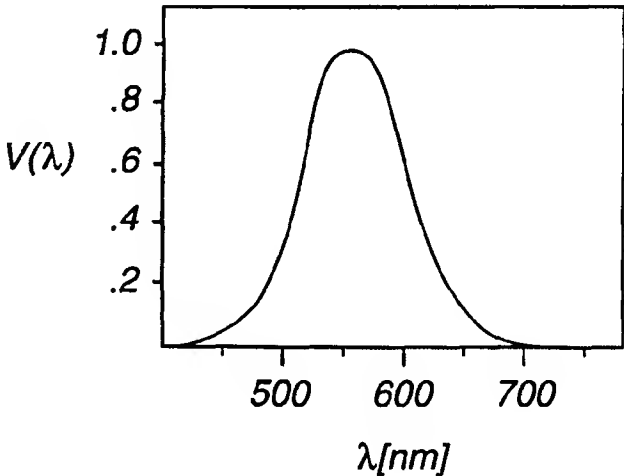
Authorized officer

AUDREY CHANG

Telephone No. (703) 305-6208



## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

<b>(51) International Patent Classification <sup>7</sup> :</b> <b>H01L 33/00</b>	<b>A1</b>	<b>(11) International Publication Number:</b> <b>WO 00/33389</b>  <b>(43) International Publication Date:</b> 8 June 2000 (08.06.00)		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <b>(21) International Application Number:</b> PCT/US99/28279   <b>(22) International Filing Date:</b> 30 November 1999 (30.11.99)   <b>(30) Priority Data:</b>            09/203,206      30 November 1998 (30.11.98)      US   <b>(71) Applicant:</b> GENERAL ELECTRIC COMPANY [US/US]; 1 River Road, Schenectady, NY 12345 (US).   <b>(72) Inventors:</b> LEVINSON, Lionel, Monty; 1 Linda Lane, Niskayuna, NY 12309 (US). SRIVASTAVA, Alok, Mani; 2A4 Sheridan Village, Schenectady, NY 12308 (US).   <b>(74) Agents:</b> STECKLER, Henry, I. et al.; General Electric Company, 3135 Easton Turnpike W3C, Fairfield, CT 06431 (US).         </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <b>(81) Designated States:</b> AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).   <b>Published</b>  <i>With international search report.            Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i> </td> </tr> </table>			<b>(21) International Application Number:</b> PCT/US99/28279  <b>(22) International Filing Date:</b> 30 November 1999 (30.11.99)  <b>(30) Priority Data:</b> 09/203,206      30 November 1998 (30.11.98)      US  <b>(71) Applicant:</b> GENERAL ELECTRIC COMPANY [US/US]; 1 River Road, Schenectady, NY 12345 (US).  <b>(72) Inventors:</b> LEVINSON, Lionel, Monty; 1 Linda Lane, Niskayuna, NY 12309 (US). SRIVASTAVA, Alok, Mani; 2A4 Sheridan Village, Schenectady, NY 12308 (US).  <b>(74) Agents:</b> STECKLER, Henry, I. et al.; General Electric Company, 3135 Easton Turnpike W3C, Fairfield, CT 06431 (US).	<b>(81) Designated States:</b> AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  <b>Published</b> <i>With international search report.            Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i>
<b>(21) International Application Number:</b> PCT/US99/28279  <b>(22) International Filing Date:</b> 30 November 1999 (30.11.99)  <b>(30) Priority Data:</b> 09/203,206      30 November 1998 (30.11.98)      US  <b>(71) Applicant:</b> GENERAL ELECTRIC COMPANY [US/US]; 1 River Road, Schenectady, NY 12345 (US).  <b>(72) Inventors:</b> LEVINSON, Lionel, Monty; 1 Linda Lane, Niskayuna, NY 12309 (US). SRIVASTAVA, Alok, Mani; 2A4 Sheridan Village, Schenectady, NY 12308 (US).  <b>(74) Agents:</b> STECKLER, Henry, I. et al.; General Electric Company, 3135 Easton Turnpike W3C, Fairfield, CT 06431 (US).	<b>(81) Designated States:</b> AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  <b>Published</b> <i>With international search report.            Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i>			
<b>(54) Title:</b> LIGHT EMITTING DEVICE WITH PHOSPHOR HAVING HIGH LUMINOUS EFFICACY				
<b>(57) Abstract</b>  <p>A lamp comprises a light emitting element such as a light emitting diode or a laser diode which emits blue light, and a phosphor composition which absorbs the blue light having a first spectrum from the light emitting element and emits light having a second spectrum. The phosphor composition comprises at least one of Ba<sub>2</sub>MgSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>; Ba<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>; and (Sr,Ca,Ba)(Al,Ga)<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>. The invention also relates to a light emitting element which emits blue light, and a phosphor composition which absorbs the blue light from the light emitting element having a first spectrum and emits light having a second spectrum, wherein the spectral luminous efficacy of light emitted by the lamp is at least 550 lumens per watt. The high spectral luminous efficacy of the output spectrum efficiently converts the power input to the lamp into lumens to provide a high brightness. For example the device luminous efficacy of the lamp can be 35–45 lumens output per watt of input electric power or more.</p>				
				

**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece	ML	Mali	TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	MN	Mongolia	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MR	Mauritania	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MX	Mexico	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	NE	Niger	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NL	Netherlands	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norway	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NZ	New Zealand	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	PL	Poland		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CU	Cuba	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
CZ	Czech Republic	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Germany	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
DK	Denmark	LR	Liberia	SG	Singapore		
EE	Estonia						

## LIGHT EMITTING DEVICE WITH PHOSPHOR HAVING HIGH LUMINOUS EFFICACY

### BACKGROUND

#### Field of the Invention

5           This invention relates generally to light emitting devices, and more particularly to a lamp which produces white light from a light emitting diode and a phosphor composition.

#### Description of the Related Art

10           In recent years, significant improvements have been made in the fabrication of light emitting semiconductor devices which emit radiation in the shorter wavelengths. For example, Nichia Chemical Industries Ltd. in Japan has produced light emitting diodes and laser diodes which emit light in the blue and ultraviolet (UV) wavelengths. Nichia has also produced a light source which includes a blue light emitting diode (LED) and a phosphor. The  
15           phosphor, yttrium-aluminum-garnet doped with trivalent cerium, converts a portion of the blue light into a broad yellow emission. The blue and yellow light together produce white light having a color temperature of about 6000-8000° K and a color rendering index (CRI) of about 77.

20           The Nichia light source, however, has a device luminous efficacy of only about 5 lumens per watt of input electric power. Thus, the luminous flux output by the Nichia lamp is relatively small, particularly if the input electric power is limited, e.g. by battery power. It would be desirable, therefore, to have a light source with a higher device luminous efficacy and luminous flux output for improved performance.

25

## SUMMARY

A lamp, according to an exemplary embodiment of the invention, comprises a light emitting element such as a light emitting diode or a laser diode which emits blue light, and a phosphor composition which absorbs the blue light having a first spectrum from the light emitting element and emits light having a second spectrum. The phosphor composition comprises at least one of  $\text{Ba}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ;  $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ; and  $(\text{Sr},\text{Ca},\text{Ba})(\text{Al},\text{Ga})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ .

The invention also relates to a light emitting element which emits blue light, and a phosphor composition which absorbs the blue light from the light emitting element having a first spectrum and emits light having a second spectrum, wherein the spectral luminous efficacy of light emitted by the lamp is at least 550 lumens per watt of radiant power. The high spectral luminous efficacy of the output spectrum efficiently converts the power input to the lamp into lumens to provide a high brightness. For example the device luminous efficacy of the lamp can be 35-45 lumens per watt of input electric power or more.

The lamp is particularly useful as a flashlight where brightness may be an important characteristic of the lamp, input power may be limited, and color rendering is less important.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Other features and advantages of the invention will be apparent from the following detailed description and the accompanying drawings, in which:

Figure 1 is a graph of spectral luminous efficiency which shows the sensitivity of the human eye to different wavelengths of light;

Figure 2 is a diagram which illustrates the relationship between input power, radiant power, and luminous flux for a light source;

Figure 3 is a drawing of a typical light emitting diode;

Figure 4 illustrates a lamp which includes a phosphor composition and a light source such as a light emitting diode;

Figure 5 is a graph of the emission spectrum of the phosphor  
5  $\text{Ba}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ;

Figure 6 is a graph of the emission spectrum of the phosphor  $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ;  
and

Figure 7 is a graph of the emission spectrum of the phosphor  
(Sr,Ca,Ba)(Al,Ga)<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>.

10

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

As is known in the art, the human eye is more sensitive to certain wavelengths of light than others. This phenomenon was studied carefully by the Commission International de l'Eclairage (CIE), which created a standard in 1931 known as "the standard observer" based on a large number of  
15 observations of the responses of the human eye to light. The standard observer represents the average values of eye sensitivity of a number of individuals as a function of wavelength, and has a maximum value at 555 nanometers (nm), and falls to zero at about 380 nm (ultraviolet) and 780 nm (infrared). The variable sensitivity of the human eye, as represented in the  
20 standard observer, is plotted in Figure 1, which shows the spectral luminous efficiency  $V(\lambda)$  as a function of wavelength  $\lambda$ .

The spectral luminous efficiency  $V(\lambda)$  is important in many lighting applications, because it can have a large effect on the luminous flux, measured in lumens, output by a light source. Luminous flux refers to the time rate of  
25 flow of radiant energy (i.e. radiant power) evaluated according to its capacity to produce visual sensation. Radiant power refers to the energy per unit time



radiated by the light source. Luminous flux is different from the radiant power because of the variable sensitivity of the eye to different wavelengths of light. For example, a green light source which emits the same radiant power as red light source will have a higher luminous flux because the eye is more sensitive to green light than to red light. This principle is illustrated in Figure 2, which shows the luminous flux as a function of wavelength produced by a radiant power spectrum which is equal for all visible wavelengths.

The luminous flux  $L$  can be calculated by integrating the product of the radiant power  $P(\lambda)$  and the luminous efficiency  $V(\lambda)$  over the desired wavelength range as follows:

$$k \int P(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

where the coefficient  $k$  is the maximum luminous efficacy factor, equal to 683 lumens per watt (lpw) at 555 nm. The maximum luminous efficiency factor  $k$  converts watts into lumens.

Another variable which is commonly used in characterizing an output spectrum is the spectral luminous efficacy. The spectral luminous efficacy quantifies the effectiveness of an output spectrum at generating lumens from radiant power. The spectral luminous efficacy is conventionally defined as the luminous flux divided by the radiant power output by a light source. An output spectrum containing only the wavelength 555 nm has the greatest luminous efficacy, i.e. 683 lumens per watt. The spectral luminous efficacy of the visible light emitted by an incandescent bulb is typically about 300 lumens per watt.

According to exemplary embodiments of the invention, the output spectrum of a lamp is designed to provide a high spectral luminous efficacy by

concentrating the output spectrum around the most sensitive region of the luminous efficiency curve of Figure 1. In this way, the integral of equation (1), which represents the luminous flux output by the light source, is increased without increasing the power input to the light source.

- 5 According to exemplary embodiments of the invention, the light source comprises a light emitting device, such as an LED or a laser diode, which emits blue light and a phosphor which absorbs the blue light and emits green light. The phosphor is selected to emit green light having an output spectrum concentrated on the most sensitive region of the luminous efficiency curve of  
10 Figure 1.

The blue light emitted by the LED typically has an emission peak at a wavelength greater than 400, typically between 400 and 520 nm, more typically between about 450 and about 470 nm. The full width half maximum value of the blue light emitted by the LED is typically less than about 70 nm,  
15 more typically less than about 50 nm, optionally less than about 20 nm.

As is known in the art, a blue LED may be manufactured by depositing various layers of semiconductor materials on a substrate. A know group of semiconductor materials which is useful in forming light-emitting devices is the gallium nitride (GaN) system. The gallium nitride system refers to  
20 semiconductor materials comprising one or more of the group III nitrides, gallium nitride (GaN), aluminum nitride (AlN), and indium nitride (InN). The GaN system allows various wavelengths of light, particularly the shorter wavelengths, to be produced based on the relative amounts of GaN, AlN, and InN in the composition. The GaN system also typically provides the  
25 advantages of a relatively high radiant power output, and a smaller temperature sensitivity, as compared with conventional green emitting LEDs.

Figure 3 illustrates an example of an LED 10. The exemplary LED includes a substrate 20, an n-type GaN layer 30, a layer 40 of indium gallium nitride (InGaN) which may form a single or multiple quantum well, a p-type

aluminum gallium nitride (AlGaN) layer 50, a p-type GaN layer 60, a positive contact 70, and a negative contact 80. The various semiconductor layers 30, 40, 50, and 60 are typically deposited on one another by chemical vapor deposition (CVD). In general, each layer may comprise  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{(1-x-y)}\text{N}$ , where  
5  $0 \leq x \leq 1$  and  $0 \leq y \leq 1$ . Although an LED is shown in Figure 3 as an example, the invention encompasses other light emitting devices such as laser diodes. In addition, semiconductor materials other than the GaN system can be used, such as gallium arsenide (GaAs) and its alloys, silicon, and silicon carbide (SiC).

10 Other examples of LEDs and laser diodes which emit in the blue wavelengths are known in the art. See, for example, U. S. Patent Nos. 5,813,753; 5,813,752; 5,338,944; 5,416,342; 5,604,763; and 5,644,584. LEDs and laser diodes which emit blue and UV radiation are also described in Shuji Nakamura and Gerhard Fasol, "The Blue Laser Diode" (1997).

15 Figure 4 illustrates a lighting apparatus according to an exemplary embodiment of the invention. The lighting apparatus 200 includes a light source 210 which may be an LED or a laser diode, for example, powered by leads 212, 214. The light source 210 and a portion of the leads 212, 214 are encapsulated within a transmissive body 220 which may comprise a silicone,  
20 glass, or plastic material, for example.

The phosphor composition 230 may be formed on an outer surface of the transmissive body 230, as shown in Figure 4, or directly on the light source 210 within the transmissive body 230. To apply the phosphor composition to the transmissive body 230 or light source 210, the phosphor composition may  
25 be added to a liquid suspension medium, such as the nitrocellulose/butyl acetate binder and solvent solution used in commercial lacquers. Many other liquids including water with a suitable dispersant and thickener or binder, such as polyethylene oxide, can be used. The phosphor-containing suspension is painted or coated or otherwise applied on the LED and dried. The lighting  
30 apparatus 200 may also include a plurality of scattering particles, such as

titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) or aluminum oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) particles, embedded in the transmissive body 230, for example if a laser diode is used as the light source 210.

5 Upon application of a current to the leads 212, 214, the LED produces a blue light which is converted by the phosphor composition 230 to green light. The blue light emitted by the LED or laser diode can efficiently excite the green-emitting phosphors. According to exemplary embodiments of the invention, one or more of the following phosphors are used:  $\text{Ba}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ;  $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ; and  $(\text{Sr},\text{Ca},\text{Ba})(\text{Al},\text{Ga})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ .

10 In the above phosphors, the element following the colon represents an activator. The notation (A,B,C) signifies ( $A_x, B_y, C_z$ ) where  $0 \leq x \leq 1$  and  $0 \leq y \leq 1$  and  $0 \leq z \leq 1$  and  $x+y+z=1$ . For example, (Sr,Ca,Ba) signifies ( $\text{Sr}_x, \text{Ca}_y, \text{Ba}_z$ ) where  $0 \leq x \leq 1$  and  $0 \leq y \leq 1$  and  $0 \leq z \leq 1$  and  $x+y+z=1$ . Typically, x, y, and z are all nonzero. The notation (A,B) signifies ( $A_x, B_y$ ) where  $0 \leq x \leq 1$  and  $0 \leq y \leq 1$  and  $x+y=1$ . Typically, x and y are both nonzero.

The green emitting phosphors preferably have peak emissions between about 500 nm and about 555 nm. Figures 5, 6, and 7 show the emission spectra for the three green phosphors disclosed herein. As shown in the Figures, the emission spectra of the green phosphors coincide to a large extent with the most sensitive region of the spectral luminous efficacy curve of Figure 1. For example,  $\text{Ba}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$  has a peak emission at about 495-505 nm, typically about 500 nm,  $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  has a peak emission at about 500-510 nm, typically about 505 nm, and  $(\text{Sr},\text{Ca},\text{Ba})(\text{Al},\text{Ga})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$  has a peak emission at about 535-545 nm, typically about 540 nm. The resulting spectral luminous efficacy of the lamp using one or more of these phosphors, assuming substantially all of the blue light is absorbed by the phosphor, is typically greater than 550 lumens per watt of radiant power.

Another variable which is commonly used to describe the effectiveness of a lamp at generating lumens is the device luminous efficacy, defined as the

luminous flux output by the lamp divided by the electric power input to the lamp. The device luminous efficacy of the lamp takes into account the spectral luminous efficacy of the output spectrum as well as three additional factors. First, the device efficiency represents the radiant power output by the LED  
5 divided by the electric power input to the LED. For a typical blue LED, the device efficiency is about 10%. Second, the quantum efficiency of the phosphor represents a loss associated with the transfer of energy from the absorbed photons to the emitted photons. The quantum efficiency is defined as the number of photons emitted by the phosphor divided by the number of  
10 photons absorbed by the phosphor. For the phosphors described herein, the quantum efficiency is typically about 80%. Third, there is an energy loss associated with the decrease in frequency of the emitted light affected by the phosphor equal to  $h\Delta\nu$ , where  $h$  is Plank's constant and  $\Delta\nu$  is the change in frequency of the light. For light absorbed at 450 nm and emitted at 555 nm,  
15 the emitted energy is  $450/555 = 81\%$  of the absorbed energy.

Taking into account all of these factors, the device luminous efficacy (DLE) for a typical lamp is:

$$\text{DLE} = (\text{DE}) * (\text{QE}) * (\text{FL}) * (\text{SLE})$$

20

where DE = device efficiency, QE = phosphor quantum efficiency, FL = frequency loss efficiency, and SLE = spectral luminous efficacy. For a typical lamp according to exemplary embodiments of the invention, the device luminous efficacy is  $(10\%) * (80\%) * (81\%) * (550 \text{ to } 683 \text{ lumens per watt of radiant power}) = \text{about } 35\text{-}45 \text{ lumens per watt of input electric power}$ . This  
25 range of device luminous efficacy represents a significant increase over known LED lamps. For example, conventional green-emitting LEDs typically produce no more than 30 lumens per watt (lpw) of input electric power.

According to another embodiment of the invention, the device luminous efficacy can be increased still further by utilizing a laser diode, which may have a device efficiency of 40%, for example. Assuming the other variables remain substantially the same, the device luminous efficacy is increased to  
5 about 143-177 lumens per watt of input electric power.

Using either the LED or the laser diode as a light source, the output light has a spectrum which is concentrated around the most sensitive region of the spectral luminous efficiency curve of Figure 1, producing a high spectral luminous efficacy, e.g. at least 550 lpw. The invention thus provides the  
10 advantage of a significantly increased luminous flux output without any increase in the electric power input to the LED or laser diode.

Other embodiments of the invention will be apparent to those skilled in the art from a consideration of this specification or practice of the invention disclosed herein. It is intended that the specification and examples be considered as  
15 exemplary only, with the true scope and spirit of the invention being defined by the following claims.

## WHAT IS CLAIMED IS:

1. A lamp comprising:

a light emitting element which emits blue light; and

5 a phosphor composition which absorbs the blue light having a first spectrum from the light emitting element and emits light having a second spectrum, the phosphor composition comprising at least one of  $\text{Ba}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ;  $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ; and  $(\text{Sr},\text{Ca},\text{Ba})(\text{Al},\text{Ga})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ .

10 2. The lamp of claim 1, wherein the light emitting element comprises a light emitting diode.

3. The lamp of claim 1, wherein the light emitting element comprises a laser diode.

15

4. The lamp of claim 1, wherein the second spectrum has a spectral luminous efficacy of at least 550 lumens per watt of radiant power.

20 5. The lamp of claim 1, wherein the lamp has a device luminous efficacy of at least 35 lumens per watt of input electric power.

6. The lamp of claim 1, wherein the blue light has an emission peak at a wavelength greater than 400 nm and less than 520 nm.

7. The lamp of claim 1, wherein the blue light has an emission peak between about 450 nm and about 470 nm.

5           8. The lamp of claim 1, wherein the second spectrum has an emission peak between about 500 nm and 570 nm.

9. The lamp of claim 1, further comprising a transmissive body which encapsulates the light emitting element, wherein the phosphor composition is  
10 deposited on a surface of the transmissive body.

10. A lamp comprising:

a light emitting element which emits blue light; and

a phosphor composition which absorbs the blue light from the light  
15 emitting element having a first spectrum and emits light having a second spectrum, wherein the spectral luminous efficacy of light emitted by the lamp is at least 550 lumens per watt.

11. The lamp of claim 10, wherein the light emitting element comprises  
20 an LED.

12. The lamp of claim 10, wherein the lamp has a device luminous efficacy of at least 35 lumens per watt of input electric power.



13. The lamp of claim 10, wherein the light emitting element comprises a laser diode.

5 14. The lamp of claim 10, wherein the second spectrum has an emission peak between about 535 and 545 nm.

15. The lamp of claim 10, wherein the second spectrum has an emission peak between about 495 and 505 nm.

10

16. The lamp of claim 10, wherein the second spectrum has an emission peak between about 500 and 510 nm.

15 17. The lamp of claim 10, wherein the phosphor composition comprises at least one of:  $\text{Ba}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7\text{:Eu}^{2+}$ ;  $\text{Ba}_2\text{SiO}_4\text{:Eu}^{2+}$ ; and  $(\text{Sr,Ca,Ba})(\text{Al,Ga})_2\text{S}_4\text{:Eu}^{2+}$ .

18. A lamp comprising:

a light emitting element which emits blue light; and

20 a phosphor composition which absorbs the blue light from the light emitting element having a first spectrum and emits light having a second spectrum, wherein the device luminous efficacy of the lamp is at least 35 lumens per watt.

19. The lamp of claim 18, wherein the spectral luminous efficacy of light emitted by the lamp is at least 550 lumens per watt.

20. A method of producing light comprising the steps of:

5           generating blue light with a light emitting device;

directing the blue light to a phosphor composition which absorbs the blue light, the phosphor composition comprising at least one of:  $\text{Ba}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ;  $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ; and  $(\text{Sr},\text{Ca},\text{Ba})(\text{Al},\text{Ga})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ ; and

10           converting the blue light with the phosphor composition to light having a different spectrum.

21. The method of claim 20, wherein the step of generating blue light comprises generating blue light with a light emitting diode.

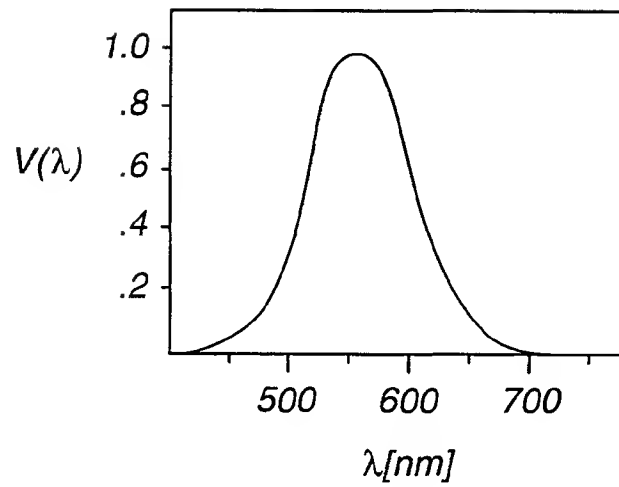
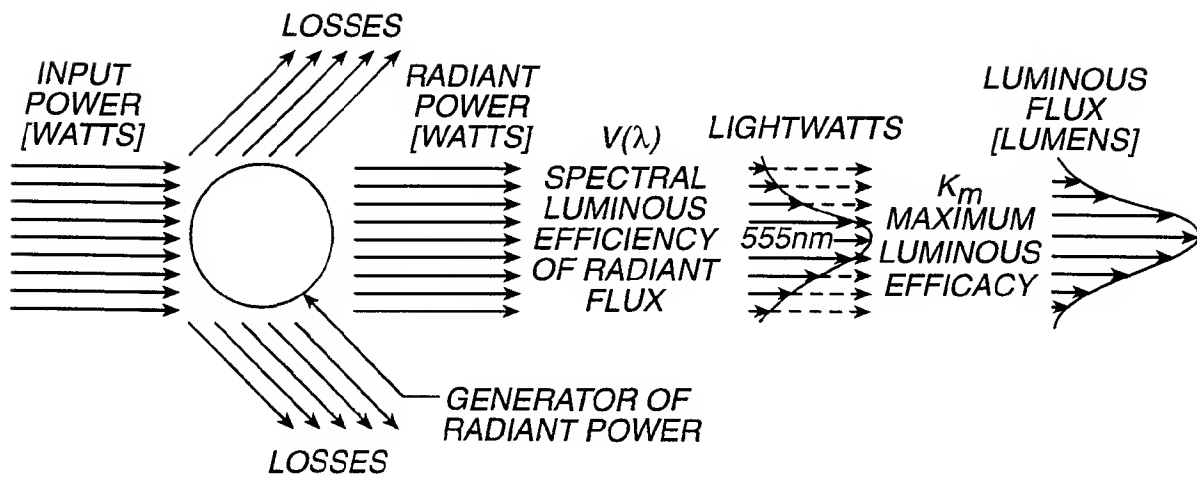
15           22. The method of claim 21, wherein the phosphor composition converts the blue light to light having a spectral luminous efficacy of at least 550 lumens per watt of radiated power.

23. A method of producing light comprising the steps of:

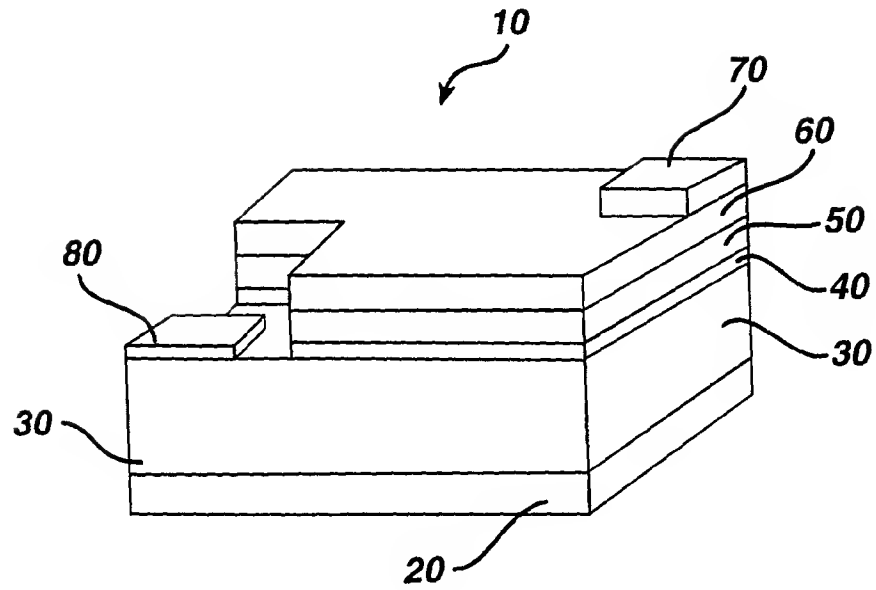
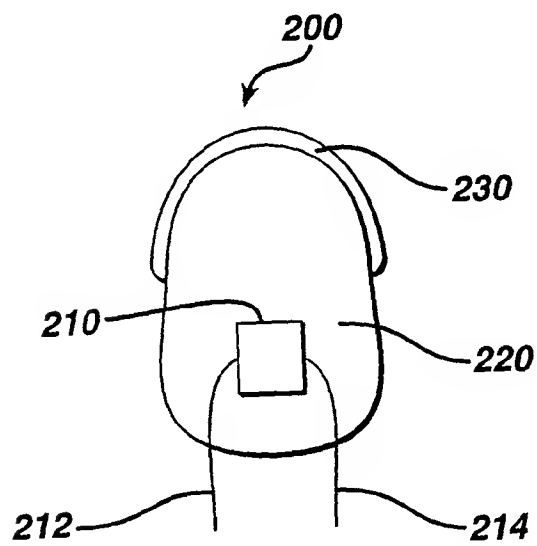
20           generating blue light with a light emitting device; and

absorbing the blue light with a phosphor composition which emits light of a different spectrum such that the light emitted by the light emitting device and phosphor composition together has a spectral luminous efficacy of at least 550 lumens per watt of radiated power.

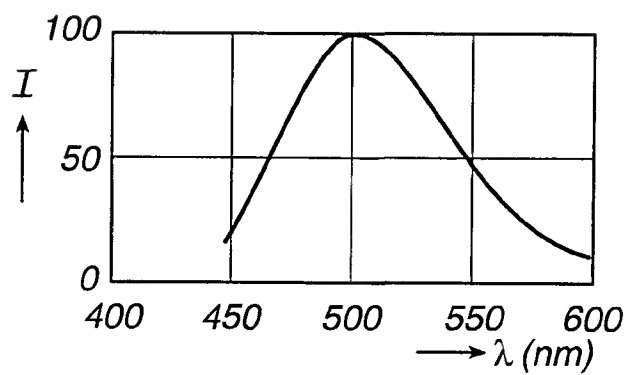
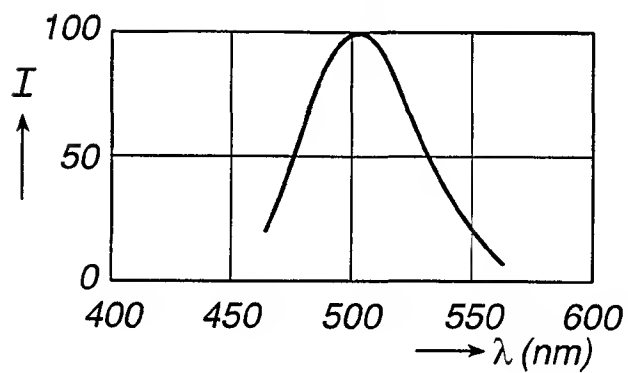
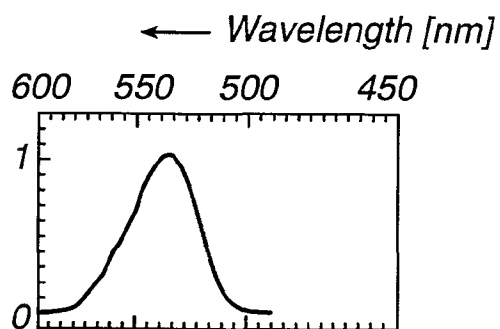
1/3

**FIG. 1****FIG. 2**

2/3

**FIG. 3****FIG. 4**

3/3

**FIG. 5****FIG. 6****FIG. 7**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 99/28279

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 640 792 A (SMITH STEPHEN T ET AL) 24 June 1997 (1997-06-24)  abstract; figures	1,2, 4-12, 14-16, 18-23
A	WO 98 19290 A (TEWS HELMUT ; AVERBECK ROBERT (DE); SIEMENS AG (DE)) 7 May 1998 (1998-05-07)  page 3, line 8 -page 4, line 4	1-3, 6, 7, 10, 11, 13, 17, 18, 20, 21, 23
A	DE 196 38 667 A (SIEMENS AG) 2 April 1998 (1998-04-02)  claims 1,4	1-3, 6, 7, 9-11, 13, 17, 18, 20, 21, 23



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 April 2000

Date of mailing of the international search report

10/04/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3018

Authorized officer

De Laere, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No

PCT/US 99/28279

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	POORT S H M ET AL: "Optical properties of Eu-activated orthosilicates and orthophosphates" JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS, CH, ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, vol. 260, no. 1, 12 September 1997 (1997-09-12), pages 93-97, XP004094706 ISSN: 0925-8388 figure 1 ---	1,8,10, 15-17,20
A	LE THI K T ET AL: "INVESTIGATION OF THE MS-AL <sub>2</sub> S <sub>3</sub> SYSTEMS (M=CA, SR, BA) AND LUMINESCENCE PROPERTIES OF EUROPIUM-DOPED THIOALUMINATES" MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING B, CH, ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, vol. B14, no. 4, 1 September 1992 (1992-09-01), pages 393-397, XP000359265 ISSN: 0921-5107 figures ---	1,8,10, 15,17,20
A	GB 1 299 608 A (GTE SYLVANIA INCORPORATED) 13 December 1972 (1972-12-13) table 1 -----	1,8,10, 16,17,20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 99/28279

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5640792	A	24-06-1997	CA 2162236 A, C	08-12-1996
WO 9819290	A	07-05-1998	DE 19645035 C	30-04-1998
			CN 1212069 A	24-03-1999
			EP 0873557 A	28-10-1998
			US 5994722 A	30-11-1999
DE 19638667	A	02-04-1998	BR 9706787 A	13-04-1999
			BR 9709998 A	10-08-1999
			CN 1228873 A	15-09-1999
			WO 9750132 A	31-12-1997
			WO 9812757 A	26-03-1998
			EP 0862794 A	09-09-1998
			EP 0907969 A	14-04-1999
			JP 11500584 T	12-01-1999
GB 1299608	A	13-12-1972	NONE	



(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



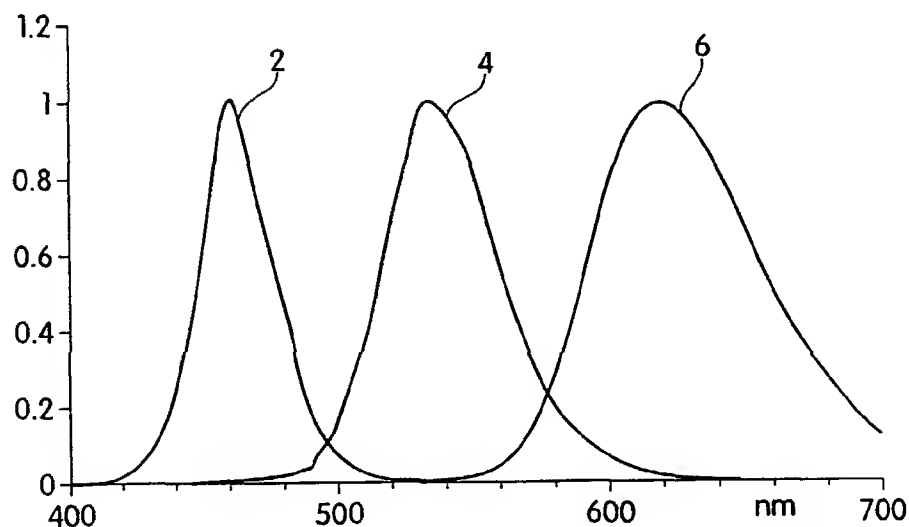
(43) International Publication Date  
5 April 2001 (05.04.2001)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 01/24229 A2**

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **H01L**
- (21) International Application Number: **PCT/US00/26377**
- (22) International Filing Date:  
25 September 2000 (25.09.2000)
- (25) Filing Language: **English**
- (26) Publication Language: **English**
- (30) Priority Data:  
09/405,947 27 September 1999 (27.09.1999) **US**
- (71) Applicant: **LUMILEDS LIGHTING, U.S., LLC**  
[US/US]; 370 W. Trimble Road, MS 91 UK, San Jose, CA  
95131 (US).
- (72) Inventors: **MUELLER, Gerd, O.**; 3491 Sweigert Road,  
San Jose, CA 95132 (US). **MUELLER-MACH, Regina,  
B.**; 3491 Sweigert Road, San Jose, CA 95132 (US). **LOW-  
ERY, Christopher, H.**; 40570 La Purissima Way, Fremont,  
CA 94539 (US).
- (74) Agents: **OGONOWSKY, Brian, D.** et al.; Skjerven Mor-  
rill MacPherson LLP, Suite 700, 25 Metro Drive, San Jose,  
CA 95110 (US).
- (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU,  
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ,  
DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,  
NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR,  
TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian  
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European  
patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,  
IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:**  
— Without international search report and to be republished  
upon receipt of that report.
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guid-  
ance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the begin-  
ning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: **TRI-COLOR, WHITE LIGHT LED LAMPS**



(57) Abstract: The present invention relates to a tri-color lamp for generating white light. In particular, the invention relates to a phosphor mixture comprising two phosphors having host sulfide materials that can absorb radiation emitted by a light emitting diode, particularly a blue LED. This arrangement provides a mixing of three light sources - light emitted from the two phosphors and unabsorbed light emitted from the LED. The phosphors can contain the same dopant, such as a rare earth ion, to allow matching of the phosphors in relation to the LED emitted radiation. Power fractions of each of the light sources can be varied to achieve good color rendering. The present invention also relates to an alternative to a green LED comprising a single green phosphor that absorbs radiation from a blue LED. A resulting device provides green light of high absorption efficiency and high luminous equivalent values.

## **TRI-COLOR, WHITE LIGHT LED LAMPS**

### **FIELD OF INVENTION**

The present invention relates to a tri-color lamp. The lamp comprises a mixture of two phosphors and a light emitting diode for an excitation energy source. In particular, the lamp employs a blue LED and a mixture of red and green phosphors for the production of white light.

### **BACKGROUND OF THE INVENTION**

There is an ongoing need to generate new phosphor compositions to improve efficiency and color quality in luminescent devices, particularly in the production of white light. Phosphors are luminescent materials that can absorb an excitation energy (usually radiation energy) and store this energy for a period of time. The stored energy is then emitted as radiation of a different energy than the initial excitation energy. For example, "down-conversion" refers to a situation where the emitted radiation has less quantum energy than the initial excitation radiation. Thus, the energy wavelength effectively increases, and this increase is termed a "Stokes shift." "Up-conversion" refers to a situation where the emitted radiation has greater quantum energy than the excitation radiation ("Anti-Stokes shift").

Improvements in efficiency and color quality in phosphor-based devices are constantly being developed. "Efficiency" relates to a fraction of photons emitted with respect to a number of photons initially provided as excitation energy. Inefficient conversion results when at least a portion of the energy is consumed by non-radiative processes. Color "quality" can be measured by a number of different rating systems. "Chromaticity" defines color by hue and saturation. "CIE" is a chromaticity coordinate system developed by Commission Internationale de l'Eclairage (international commission on illumination). The CIE Chromaticity Coordinates are coordinates that define a color in "1931 CIE" color space. These coordinates are defined as  $x$ ,  $y$ ,  $z$  and are ratios of the three standard primary colors,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  (tristimulus values), in relation to the sum of the three tristimulus values. A CIE chart contains a plot of the  $x$ ,  $y$  and  $z$  ratios of the tristimulus values versus their sum. In the situation where the reduced coordinates  $x$ ,  $y$ ,  $z$  add to 1, typically, a two-dimensional CIE ( $x$ ,  $y$ ) plot is used.

White-like colors can be described by a "correlated color temperature" (CCT). For example, when a metal is heated, a resulting light is emitted which initially glows as a red color. As the metal is heated to increasingly higher temperatures, the emitted light shifts to higher quantum energies, beginning with reddish light and shifting to white light and ultimately to a bluish-white light. A system was developed to determine these color changes on a standard object known as a blackbody radiator. Depending on the temperature, the blackbody radiator will emit white-like radiation. The color of this white-like radiation can then be described in the CIE chromaticity chart. Thus, the correlated color temperature of a light source to be evaluated is the temperature at which the blackbody radiator produces the chromaticity most similar to that of the light source. Color temperature and CCT are expressed in degrees Kelvin.

A "color rendering index" (CRI) is established by a visual experiment. The correlated color temperature of a light source to be evaluated is determined. Then eight standard color samples are illuminated first by the light source and then by a light from a blackbody having the same color temperature. If a standard color sample does not change color, then the light source has a theoretically perfect special CRI value of 100. A general color rendering index is termed "Ra", which is an average of the CRIs of all eight standard color samples.

Older white lamps involved emission of light over a broad wavelength range. It was then discovered that a white-like color can be simulated by a mixture of two or three different light colors, where each emission comprised a relatively narrow wavelength range. These lamps afforded more control to manipulate the white color because emissive properties (emission energy and intensity) of the individual red, green and blue light sources can be individually tailored. This method thus provided the possibility of achieving improved color rendering properties.

An example of a two-color lamp comprises one phosphor and an excitation energy source. Light emitted by the phosphor combines with unabsorbed light from the excitation source to produce a white-like color. Further improvements in fluorescent lamps involved three different light colors (i.e. a tri-color lamp) resulting in white light at higher efficiencies. One example of a tri-color lamp involved blue, red and green light-emitting phosphors. Other previous tri-color lamps comprised a combination of light from two phosphors (a green and red phosphor) and unabsorbed light from a mercury plasma excitation source.

Previous tri-color lamps involving a mercury plasma excitation source, however, suffer many disadvantages including: (1) a need for high voltages which can result in gaseous discharge with energetic ions; (2) emission of high energy UV quanta; and (3) correspondingly low lifetimes. Thus, there is an ongoing need for devices that  
5 overcome these deficiencies.

Finally there remains a continued challenge to uncover phosphor compositions and mixtures of these compositions to provide improved properties, including improved efficiency, color rendering (e.g. as measured by high color rendering indices) and luminance (intensity), particularly in a tri-color, white lamp.

10

### SUMMARY OF THE INVENTION

One aspect of the present invention provides a composition comprising a mixture of a first phosphor and a second phosphor. Each phosphor comprises a host sulfide material and a rare earth dopant and each phosphor is capable of being excited by a common light emitting diode.

15

Another aspect of the present invention provides a composition comprising a mixture of a first phosphor and a second phosphor. Each phosphor comprises a host material and a rare earth dopant. The first phosphor is capable of being excited by a light emitting diode and the second phosphor is capable of being excited by an emission of the first phosphor.

20

Another aspect of the present invention provides a device comprising a light emitting diode, for emitting a pattern of light. The device further comprises a composition comprising a mixture of a first phosphor and a second phosphor. Each phosphor comprises a host sulfide material and a rare earth dopant and the composition is positioned in the light pattern.

25

Another aspect of the present invention provides a device comprising a green phosphor and a blue light emitting diode, for providing an excitation radiation to the phosphor.

30

Other advantages, novel features, and objects of the invention will become apparent from the following detailed description of the invention when considered in conjunction with the accompanying drawings, which are schematic and which are not intended to be drawn to scale. In the figures, each identical or nearly identical component that is illustrated in various figures is represented by a single numeral. For purposes of clarity, not every component is labeled in every figure, nor is every

component of each embodiment of the invention shown where illustration is not necessary to allow those of ordinary skill in the art to understand the invention.

### **BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**

FIG. 1 shows an overlay of normalized spectra of  $\text{SrGa}_2\text{S}_4\text{:Eu}$  and  $\text{SrS:Eu}$  upon  
5 excitation by a blue LED at 460 nm;

FIG. 2 shows a simulation of spectra of a mixture of  $\text{SrGa}_2\text{S}_4\text{:Eu}$  and  $\text{SrS:Eu}$  upon excitation by a blue LED at 460 nm at different color temperatures; and

FIG. 3 shows a schematic of a tri-color lamp comprising a two-phosphor mixture positioned in a pathway of light emitted by an LED.

10

### **DETAILED DESCRIPTION**

The invention relates, in part, to the discovery that a tri-color lamp employing specific red and green phosphors excitable by a common light emitting diode (LED) can achieve white light at higher efficiencies with superior color rendering over previous fluorescent lamps.

15 One aspect of the present invention provides a composition comprising a mixture of a first phosphor and a second phosphor, each phosphor capable of being excited by a common light emitting diode, i.e. only one light emitting diode is used to excite both phosphors, as opposed to each phosphor requiring a separate energy source.

An advantageous feature of the present invention involves the use of an LED as  
20 an excitation source. An LED has a p-n junction between doped semiconductor regions. Upon application of a current, there can exist sufficient energy to allow electrons and holes to cross the p-n junction such that a resulting recombination of electrons and holes cause emission of radiation. Advantages of LEDs over other excitation energy sources include small size, low power consumption, long lifetimes and low amounts of thermal  
25 energy emitted. In addition, LEDs have small dimensions that allow miniaturization of devices.

In one embodiment, the common LED is a blue LED. The use of blue light as an excitation radiation over other light sources has been found to be particularly advantageous in that conversion efficiency to visible light is higher. In one embodiment,  
30 each phosphor is capable of being excited by a common LED which emits radiation at a wavelength from about 450 nm to about 480 nm. It has been found that color rendering can decrease at excitation energies below 450 nm whereas absorption by the phosphors

decreases at excitation energies greater than 480 nm. An example of a blue LED that emits radiation in the above-mentioned energy ranges is a (In,Ga)N diode.

A blue light source can provide inherent advantages over UV excitation sources in that power efficiency is increased for red and green phosphors excited by blue light. The present phosphor materials generally require lesser Stokes shifts than phosphors of the previous devices. For example, certain tri-color prior art fluorescent lamps incorporate mercury plasmas which provide a UV emission centered at approximately 4.9 eV. This UV light excites blue, red and green phosphors such that resulting emission spectra show maximum intensities at energies of approximately 2.8 eV (unabsorbed light), 2.3 eV (green) and 2.0 eV (red) respectively. Significant Stokes shifts are obviously involved in this situation. Power efficiency, however, is limited by quantum deficit, which is the difference of the quantum energies of exciting and emitted quanta. Thus, for the example described above, power efficiency of the green light is, on average,  $(4.9 \text{ eV} - 2.3 \text{ eV}) / 4.9 \text{ eV} = 53\%$ . In contrast, green (2.3 eV) and red (2.0) phosphors excited by a blue LED with an emission of about 2.7 eV ( $\sim 460 \text{ nm}$ ) exhibit smaller Stokes shifts and quantum deficits, and accordingly power efficiency is greater.

Phosphors comprise host materials and dopant ions. Typically, the host material has an inorganic, ionic lattice structure (a "host lattice") in which the dopant ion replaces a lattice ion. The dopant is capable of emitting light upon absorbing excitation radiation. Ideal dopants strongly absorb excitation radiation and efficiently convert this energy into emitted radiation. In one embodiment, the dopant is a rare earth ion. Rare earth ions absorb and emit radiation via 4f-4f transitions, i.e. electronic transitions involving f-orbital energy levels. While f-f transitions are quantum-mechanically forbidden, resulting in weak emission intensities, it is known that certain rare earth ions, such as  $\text{Eu}^{2+}$  or  $\text{Ce}^{3+}$ , strongly absorb radiation through allowed 4f-5df transitions (via d-orbital/f-orbital mixing) and consequently produce high emission intensities.

The emissions of certain dopants can be shifted in energy depending on the host lattice in which the dopant ion resides. Thus, this aspect of the invention lies, in part, in the discovery that certain rare earth dopants efficiently convert blue light to visible light when incorporated into an appropriate host material. In one embodiment, the first and second phosphors comprise a host sulfide material, i.e. a lattice which includes sulfide ions. Preferred host sulfide materials include CaS, SrS and a thiogallates such as  $\text{SrGa}_2\text{S}_4$ .

Another advantageous feature of the present invention is to provide a phosphor mixture excitable by one common blue energy source of a relatively narrow linewidth, to emit light at two different energy ranges (e.g. red and green). Strategies to provide appropriate phosphors are disclosed here. In one embodiment, the dopant is the same in  
5 the first and second phosphor. The red and green emissions of the two phosphors can be tuned by selecting an appropriate host material. In one embodiment, the green phosphor is  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$ . In another embodiment, the red phosphor is selected from the group consisting of  $\text{SrS}:\text{Eu}$  and  $\text{CaS}:\text{Eu}$ .

FIG. 1 is an overlay of emission spectra from two different phosphors having the  
10 same dopant capable of being excited by one common  $(\text{In,Ga})\text{N}$  LED at 460 nm. The phosphors are provided as a mixture in an encapsulant. The spectra have been normalized to an intensity of 1. Spectrum 2 corresponds to an emission of the blue LED with a maximum intensity at  $\sim 460$  nm, spectrum 4 corresponds to an emission from a green phosphor material,  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$  with a maximum intensity at  $\sim 520$  nm, and  
15 spectrum 6 corresponds to an emission from a red phosphor material,  $\text{SrS}:\text{Eu}$  with a maximum intensity at  $\sim 620$  nm.

Alternatively, the first and second phosphors can have different dopants. The same host material can be used, or the first and second phosphors can have different host materials. One of ordinary skill in the art can screen potential phosphor candidates by  
20 selecting phosphors that can be excited by radiation between about 450 nm and about 480, and observing whether they emit red or green light.

In one embodiment, the amount of dopant present in the host lattice is from about 0.1 mol% to about 8 mol%. Preferred amounts of dopant may depend on the type of host lattice. For example, a dopant concentration in  $\text{SrGa}_2\text{S}_4$  is preferably from about 2 mol%  
25 to about 4 mol%, whereas a dopant concentration in  $\text{SrS}$  is preferably from about 0.3 mol% to about 0.8 mol%.

The present invention also relates to another tri-color system, in which a first phosphor is excited by an LED source, and the emission of the first phosphor is capable of exciting a second phosphor. Thus, another aspect of the present invention provides a  
30 mixture of a first phosphor and a second phosphor, each phosphor comprising a host material and a rare earth dopant. The first phosphor is capable of being excited by a light emitting diode and the second phosphor is capable of being excited by an emission of the first phosphor. In one embodiment, the LED is a blue LED. The first phosphor can be a green phosphor with an emission capable of exciting a red phosphor (second phosphor).

This aspect allows the use of only one LED source in the event that only one phosphor is capable of being excited by the LED.

Another aspect of the present invention provides a device comprising a phosphor mixture, as described previously, and a light emitting diode. The LED emits a local light pattern, the pattern defining either a volume or an area of light. A composition comprising a mixture of a first phosphor and a second phosphor is positioned in the light pattern. Each phosphor comprises a host sulfide material and a rare earth dopant, having compositions and concentrations as described previously. This arrangement allows light emitted from the LED to: (1) be absorbed by the composition; and (2) mix effectively with light emitted from the phosphor mixture such that good homogeneity of color rendering is achieved. This arrangement eliminates unwanted "demixing" of the various light sources. Demixing occurs when separate fractions of radiation are emitted from the device due to the LED and the phosphor mixture, i.e. there is minimal mixing of the different light components.

In one embodiment, the device is a lamp. In one embodiment, the lamp emits white light. In this embodiment, the first phosphor is a green phosphor and the second phosphor is a red phosphor, where the white color is achieved by effectively mixing the green and red light with unabsorbed blue light provided by the LED. In one embodiment, the lamp containing the phosphor mixture comprises a 5 mm LED lamp design of Hewlett-Packard.

The white light lamp of the present invention is particularly advantageous in that the color rendering properties are far superior than those of any previous white lamps. In one embodiment, the lamp is capable of emitting radiation having a color rendering index, Ra of at least about 60 at a color temperature from about 2700 K to about 8000 K, preferably an Ra of at least about 70, more preferably an Ra of at least about 80 and even more preferably an Ra of at least about 90. In a preferred embodiment, the lamp generates a CRI, Ra of greater than 70 for CCT values of less than 6000 K.

FIG. 2 shows a simulation of emission spectra of a tri-color lamp comprising a mixture of  $\text{SrGa}_2\text{S}_4\text{:Eu}$  and  $\text{SrS:Eu}$  phosphors excited by a blue  $(\text{In,Ga})\text{N}$  LED at 460 nm. Emission intensity or radiance is indicated in the ordinate axis. This system exhibits superior color rendering properties over a wide range of color temperatures. Spectrum 10 (3000 K), spectrum 12 (3800 K) and spectrum 14 (4400 K) each correspond to an Ra of 94 whereas spectrum 16 (4900 K) corresponds to an Ra of 92. Ra values of greater than 90 for white LEDs have not been previously observed. It is a feature of the present



invention to mix respective amounts of the phosphors and to illuminate these phosphors with a blue LED to closely match these desired simulated spectra.

By varying optical properties of each source of light in the device, the device can be designed to have desired characteristics depending on a particular application. For example, certain devices may be required to generate light of high intensity and only adequate color rendering is needed, whereas other applications may require high color rendering properties, at the expense of efficiency. Alternatively, color rendering can be sacrificed for higher efficiency. For example, a 50% increase in efficiency can be achieved by decreasing Ra down to about 60. Such properties can be varied by changing relative power fractions of each light source. A "power fraction" is the fraction of light from each source that provides the final light color. Power fractions can be varied by, for example, changing a relative amount of phosphor material present in the device, varying dopant concentration or changing the host lattice or dopant.

It is understood that the phosphor mixture can comprise more than two phosphors, so long as optimal color rendering properties are achieved.

In one embodiment, the device further comprises a polymer for encapsulating the phosphor composition. In this embodiment, the phosphor mixture should exhibit high stability properties in the encapsulant. Preferably, the polymer is optically clear to prevent significant light scattering. In one embodiment, the polymer is selected from the group consisting of epoxy and silicone. A variety of polymers are known in the LED industry for making 5 mm LED lamps. Encapsulation can be performed by adding the phosphor mixture to a liquid that is a polymer precursor. For example, the phosphor mixture can be a powder. Introducing phosphor particles into a polymer precursor liquid results in formation of a slurry (i.e. a suspension of particles). Upon polymerization, the phosphor mixture is fixed rigidly in place by the encapsulation. In one embodiment, both the composition and the LED are encapsulated in the polymer.

Although the role of phosphor grain size (mean diameter of phosphor particles) is not completely understood, weight fractions may change depending on a particular grain size. Preferably, grain sizes are less than about 15  $\mu\text{m}$ , and more preferably, less than about 12  $\mu\text{m}$ , to avoid clogging of devices which dispose the phosphors. In one embodiment, the grain size of each phosphor type varies. In certain specific embodiments, the grain size of  $\text{SrGa}_2\text{S}_4\text{:Eu}$  is less than about 10  $\mu\text{m}$  and the grain size of

SrS:Eu is less than about 12  $\mu\text{m}$ . Other devices, however, can be prepared with larger grain sizes.

Although unabsorbed light emitted from the LED contributes to color rendering, unabsorbed light can sometimes escape without mixing with light emitted from the phosphors, resulting in a reduced overall efficiency of the device. Thus, in one embodiment, the LED and composition are positioned within a reflector cup. A reflector cup can be any depression or recess prepared from a reflecting material. By positioning the LED and phosphor particles in a reflector cup, unabsorbed/unmixed LED-emitted light can be reflected either back to the phosphor particles to eventually be absorbed, or mixed with light emitted from the phosphors.

FIG. 3 shows a schematic of the device of the present invention. Lamp 20 comprises LED 22. LED 22 is positioned in a reflector cup 28. LED 22 emits light in a pattern indicated by lines 26. A phosphor mixture 24 is positioned in the pattern 26. It can be seen that some unabsorbed light emitted by LED 22 can reflect from walls of reflector cup 28 and back to phosphor mixture 24. In this example, reflector cup 28 can modify light pattern 26 if light is reflected into a space not previously covered by the initial light pattern (e.g. in the case of a parabolic reflector). It is understood that one of ordinary skill in the art can provide reflector cup 28 in any shape that optimizes reflection of light back to mixture 24, or optimizes positioning of LED 22 to provide a light pattern for efficient conversion. For example, the walls of reflector cup 28 can be parabolic.

Another aspect of the present invention provides an alternative design to a green LED. Green LEDs have been developed only recently. Current green LEDs, however, are notoriously more inefficient than blue LEDs. In addition, emitted radiation from green LEDs exhibits wavelength shifts with an increase in temperature, which is an undesired characteristic.

Thus, this aspect of the present invention provides a device comprising a green phosphor and a blue light emitting diode, for providing an excitation radiation to the phosphor. By taking advantage of down-conversion, the blue light can be converted to green light via the green phosphor. This device is comparable to a green LED yet eliminates the disadvantages of green LEDs, such as providing comparable efficiencies to blue LEDs and minimizing radiation energy shifts with increasing temperature. In one embodiment, the green phosphor is  $\text{SrGa}_2\text{S}_4\text{:Eu}$ . High luminous equivalents values of  $\sim 575 \text{ lm/W}$  can be achieved with this phosphor at a maximum wavelength of about 535 nm, which is far superior to any other green LED or alternative. High absorption of

excitation radiation is preferred to eliminate a significant amount of blue LED radiation which may spoil efficiency and/or color saturation.

The function and advantage of these and other embodiments of the present invention will be more fully understood from the examples below. The following  
5 examples are intended to illustrate the benefits of the present invention, but do not exemplify the full scope of the invention.

Example 1: Preparation of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu and SrS:Eu Phosphor Mixture

SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu was produced by the method of P. Benalloul, et al., J. Alloys  
Compounds 227 (1998), 709, and references cited therein.

10 The powders of the two phosphors are stirred in weighted amounts, which correspond to the desired power fractions of the three colors, into a liquid polymer precursor. A preferred polymer precursor is a standard precursor for 5 mm LED lamps, 'Hysol ST'.

Example 2: Adjusting power fractions

15 This example illustrates a method for adjusting power fractions at desired correlated different color temperatures, and these power fractions are listed in Table 1. Starting from known or measured spectra of a (In,Ga)N LED, the green (SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu) and the red (SrS:Eu) emitting phosphor, a first approximation is made about respective power fractions of each color to obtain a desired spectrum that will result in optimal CCT/CRI  
20 values. This is achieved typically by performing a best estimate of the respective weights of the two phosphors. The mixture is then prepared and the mixture is illuminated with the LED. In this example, the wavelength of radiation is 460 nm. A trial spectrum is then obtained.

If the first trial spectrum does not achieve the CCT/CRI values of the desired  
25 spectrum, small amounts of the appropriate phosphors can be added and a new trial spectrum can be obtained. This step is repeated until the trial spectrum closely matches the desired spectrum.

Table 1 is generated by adding spectra of the three components: the LED, SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu, and SrS:Eu, with respective coefficients which correspond to the power  
30 fractions. A composite spectrum is then obtained. The composite spectrum is evaluated using CIE recommended software (e.g. CIE 13.3-1995) for calculating CCT and CRI values. By this procedure, the desired CCT/CRI is converted into a desired spectrum. If CCT and Ra do not agree with the expectation within acceptable tolerances, a second iteration is performed to modify the power fractions in a systematical way. Subsequent

iterations can be accomplished by numerical optimization, e.g. Simplex or Variable Metric Method can be used for automating the procedure.

Table 1 shows example power fractions for the phosphor mixture of Example 1.

5

Table 1

Color Temperature (K)	SrGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> :Eu (green)	SrS:Eu (red)	LED (blue)
2700	28	61	11
3000	32	55	13
4000	34	45	21
5000	35	39	26
6400	37	31	32
8000	34	29	37

The luminous equivalent of the resulting emitted light is about 310 (±4) lm/W.

#### Example 3: 5 mm LED LAMP

10 An example of a lamp of the present invention is described here. An Hysol ST slurry comprising a phosphor mixture of 7.6 wt% of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu and 10.4 wt% SrS:Eu was positioned in a reflector cup in a 5 mm lamp design of Hewlett-Packard. The average particle size of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu was about 9 μm and the average particle size of SrS:Eu was about 11.5 μm. Using a blue (In,Ga)N LED with an excitation radiation of 460 nm, a CCT of 4000K and a CRI of 91 was achieved.

15 Those skilled in the art would readily appreciate that all parameters listed herein are meant to be examples and that actual parameters will depend upon the specific application for which the methods and apparatus of the present invention are used. It is, therefore, to be understood that the foregoing embodiments are presented by way of example only and that, within the scope of the appended claims and equivalents thereto,  
20 the invention may be practiced otherwise than as specifically described.

CLAIMS**What is claimed:**

- 1 1. A composition comprising:  
2 a mixture of a first phosphor and a second phosphor, each phosphor  
3 comprising a host sulfide material and a rare earth dopant and each phosphor  
4 capable of being excited by a common light emitting diode.
- 1 2. The composition of claim 1, wherein the dopant is selected from the group  
2 consisting of  $\text{Eu}^{2+}$  and  $\text{Ce}^{3+}$ .
- 1 3. The composition of claim 2, wherein the dopant is the same in the first and second  
2 phosphor.
- 1 4. The composition of claim 3, wherein the dopant is  $\text{Eu}^{2+}$ .
- 1 5. The composition of claim 3, wherein the dopant is  $\text{Ce}^{3+}$ .
- 1 6. The composition of claim 1, wherein the sulfide is selected from the group  
2 consisting of CaS, SrS and a thiogallate.
- 1 7. The composition of claim 6, wherein the thiogallate is  $\text{SrGa}_2\text{S}_4$ .
- 1 8. The composition of claim 1, wherein the first phosphor is a green phosphor and  
2 the second phosphor is a red phosphor.
- 1 9. The composition of claim 8, wherein the first phosphor is  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$ .
- 1 10. The composition of claim 8, wherein the second phosphor is selected from the  
2 group consisting of  $\text{SrS}:\text{Eu}$  and  $\text{CaS}:\text{Eu}$ .
- 1 11. The composition of claim 3, wherein the dopant is present in a concentration from  
2 about 0.1 mol% to about 8 mol%.

- 1 12. The composition of claim 11, wherein the first phosphor comprises a  $\text{SrGa}_2\text{S}_4$   
2 host material and the dopant is present in a concentration from about 2 mol% to about  
3 4 mol%.
- 1 13. The composition of claim 12, wherein the second phosphor comprises a SrS host  
2 material and the dopant is present in a concentration from about 0.3 mol% to about  
3 0.8 mol%.
- 1 14. The composition of claim 1, wherein the common light emitting diode is a blue  
2 light emitting diode.
- 1 15. The composition of claim 14, wherein each phosphor is capable of being excited  
2 by radiation at a wavelength from about 450 nm to about 480 nm.
- 1 16. The composition of claim 1, wherein the composition is particulate.
- 1 17. A lamp comprising the phosphor of claim 1.
- 1 18. A composition comprising:  
2 a mixture of a first phosphor and a second phosphor, each phosphor  
3 comprising a host material and a rare earth dopant, the first phosphor capable of  
4 being excited by a light emitting diode and the second phosphor capable of being  
5 excited by an emission of the first phosphor.
- 1 19. The composition of claim 18, wherein each phosphor is capable of being excited  
2 by a blue light emitting diode.
- 1 20. The composition of claim 19, wherein the first phosphor is a green phosphor and  
2 the second phosphor is a red phosphor.
- 1 21. A device comprising:  
2 a light emitting diode, for emitting a pattern of light; and

3                   a composition comprising a mixture of a first phosphor and a second  
4           phosphor, each phosphor comprising a host sulfide material and a rare earth  
5           dopant, the composition being positioned in the light pattern.

1   22.    The device of claim 21, wherein the light emitting diode has an emission at a  
2   wavelength from about 450 nm to about 480 nm.

1   23.    The device of claim 22, wherein the device is a lamp.

1   24.    The device of claim 23, wherein the lamp is a white light lamp.

1   25.    The device of claim 24, wherein the lamp is capable of emitting radiation having  
2   a color rendering index, Ra of at least about 70 at a color temperature from about 2700 K  
3   to about 8000 K.

1   26.    The device of claim 24, wherein the lamp is capable of emitting radiation having  
2   a color rendering index, Ra of at least about 80 at a color temperature from about 2700 K  
3   to about 8000 K.

1   27.    The device of claim 24, wherein the lamp is capable of emitting radiation having  
2   a color rendering index, Ra of at least about 90 at a color temperature from about 2700 K  
3   to about 8000 K.

1   28.    A device comprising a green phosphor and a blue light emitting diode, for  
2   providing an excitation radiation to the phosphor.

1   29.    The device of claim 28, wherein the green phosphor is  $\text{SrGa}_2\text{S}_4$ .

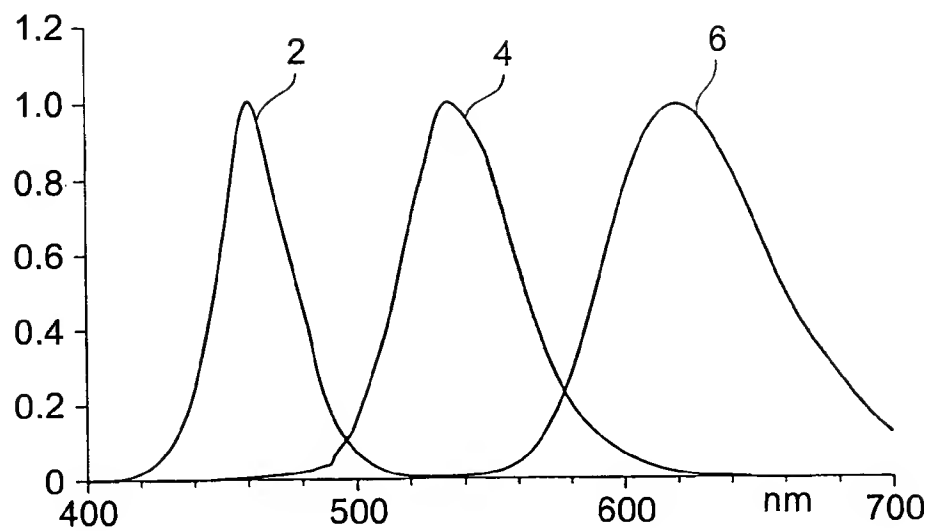


Fig. 1

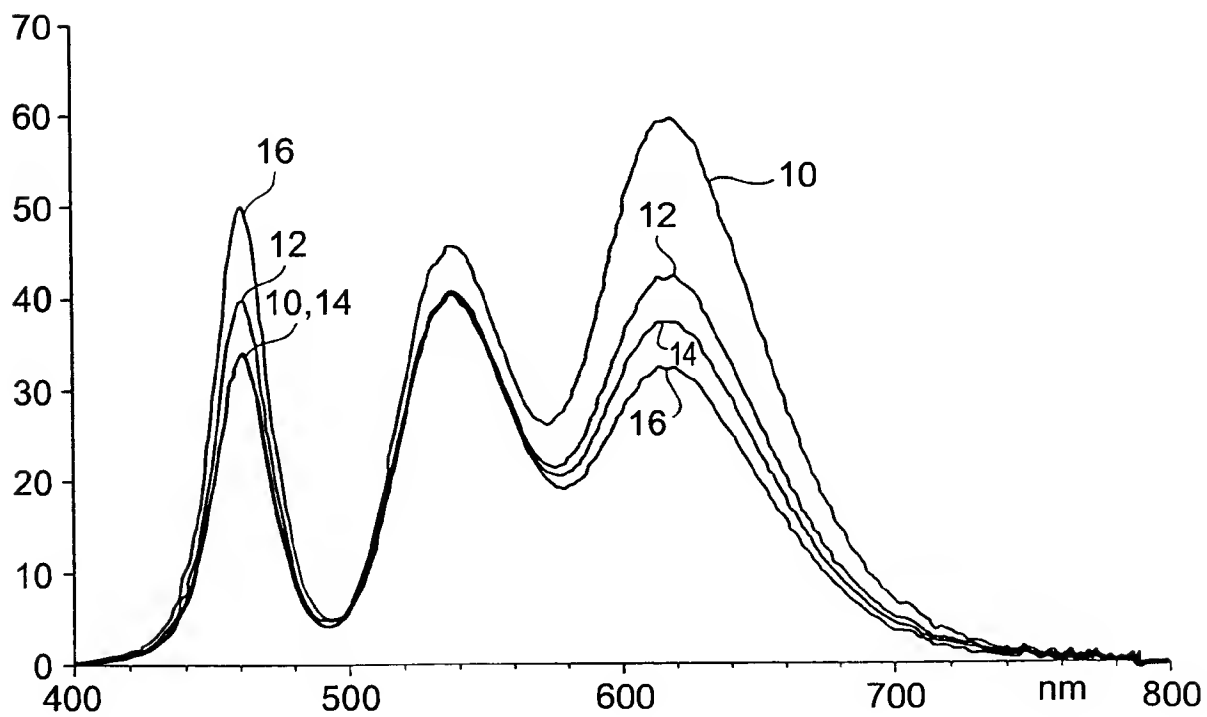


Fig. 2



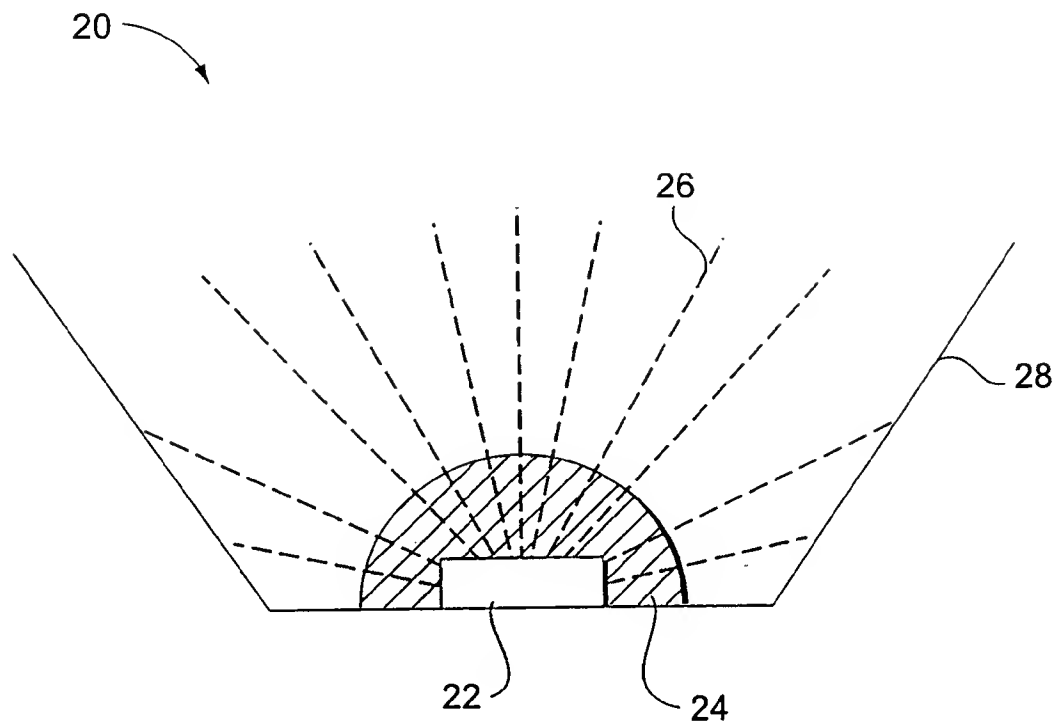


Fig. 3

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
5 April 2001 (05.04.2001)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 01/24229 A3**

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **H01L 33/00, C09K 11/84**

(21) International Application Number: **PCT/US00/26377**

(22) International Filing Date:  
25 September 2000 (25.09.2000)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
09/405,947 27 September 1999 (27.09.1999) US

(71) Applicant: **LUMILEDS LIGHTING, U.S., LLC** [US/US]; 370 W. Trimble Road, MS 91 UK, San Jose, CA 95131 (US).

(72) Inventors: **MUELLER, Gerd, O.**; 3491 Sweigert Road, San Jose, CA 95132 (US). **MUELLER-MACH, Regina, B.**; 3491 Sweigert Road, San Jose, CA 95132 (US). **LOWERY, Christopher, H.**; 40570 La Purissima Way, Fremont, CA 94539 (US).

(74) Agents: **OGONOWSKY, Brian, D.** et al.; Skjerven Morrill MacPherson LLP, Suite 700, 25 Metro Drive, San Jose, CA 95110 (US).

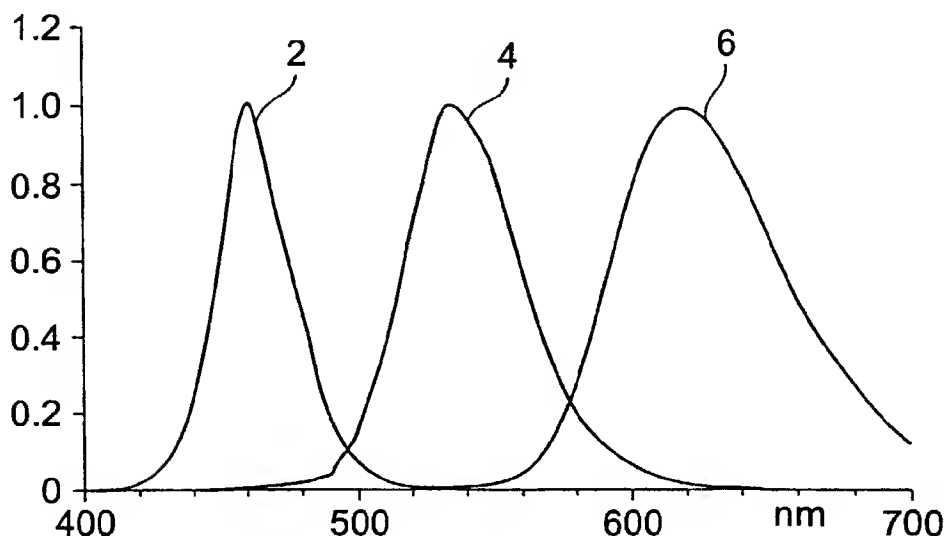
(81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:  
— with international search report

[Continued on next page]

(54) Title: **PHOSPHOR AND WHITE LIGHT LED LAMP USING THE PHOSPHOR**



(57) Abstract: The present invention relates to a tri-color lamp for generating white light. In particular, the invention relates to a phosphor mixture comprising two phosphors having host sulfide materials that can absorb radiation emitted by a light emitting diode, particularly a blue LED. This arrangement provides a mixing of three light sources - light emitted from the two phosphors and unabsorbed light emitted from the LED. The phosphors can contain the same dopant, such as a rare earth ion, to allow matching of the phosphors in relation to the LED emitted radiation. Power fractions of each of the light sources can be varied to achieve good color rendering. The present invention also relates to an alternative to a green LED comprising a single green phosphor that absorbs radiation from a blue LED. A resulting device provides green light of high absorption efficiency and high luminous equivalent values.

WO 01/24229 A3



**(88) Date of publication of the international search report:**  
18 October 2001

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No

PCT/US 00/26377

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01L33/00 C09K11/84

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L C09K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	TANAKA S: "TFEL devices using CaS-SrS" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, 1990, vol. 101, no. 1 / 04, pages 958-966, XP000174083 ISSN: 0022-0248	1-4,6,8, 10,11, 14,15, 17-20
Y	the whole document	16
A	---	21-24
X	US 4 303 913 A (TOHDA T ET AL) 1 December 1981 (1981-12-01)	18,19
Y	claims 1-3	16
X	TANAKA S ET AL: "Bright white EL devices with new phosphor thin films based on SrS" PROCEEDINGS OF THE SID, 1988, vol. 29, no. 4, pages 305-310, XP000115936	1,2,6,8, 10,14, 15,17-20
A	the whole document	11,21-24
	---	
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 May 2001

Date of mailing of the international search report

15.06.01

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

van der Linden, J.E.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

I. national Application No

PCT/US 00/26377

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	OKAMOTO S ET AL: "White-emitting TFEL devices with SrS phosphor doubly activated with rare earth ions" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 1990, vol. 29, no. 10, pages 1987-1990, XP000223992 ISSN: 0021-4922	1,2,6,8, 10,14, 15,17-20
A	the whole document ---	21-24
X	US 3 621 340 A (SINGH S ET AL) 16 November 1971 (1971-11-16)	18
A	the whole document ---	1,17, 19-21,28
X	WO 97 50132 A (SIEMENS AG) 31 December 1997 (1997-12-31)	28
A	page 10, line 16 -page 23 ---	1-3, 5-10, 14-24,29
X	SATO Y ET AL: "Full color fluorescent display devices using a near-UV LED" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 1996, vol. 35, no. 7A, pages L838-L839, XP000733074 ISSN: 0021-4922	28
A	the whole document ---	1,8, 14-24
X	WO 97 48138 A (PHILIPS ELECTRONICS NV) 18 December 1997 (1997-12-18) page 10, line 10-13 ---	28
X	US 5 847 507 A (HELBING R ET AL) 8 December 1998 (1998-12-08) column 3, line 36-57 ---	28
A	US 5 208 462 A (O'CONNOR J ET AL) 4 May 1993 (1993-05-04) the whole document ---	1,17,21, 28,29
A	ONO Y ET AL: "White light emitting TFEL devices with stacked SrS:Ce/CaS:Eu layers" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 1989, vol. 66, no. 11, pages 5564-5571, XP000085596 ISSN: 0021-8979	1-6,8, 10,14, 15,17-20
A	the whole document ---	
A	US 4 563 297 A (KUKIMOTO H ET AL) 7 January 1986 (1986-01-07) claims 1,4 -----	1,2,8, 16,18,20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US 00/26377

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
  
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
  
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

### Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/SA/ 210**

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1-27

A composition comprising a mixture of two phosphors both doped with a rare earth element, a lamp comprising a layer of this composition, and a device comprising a light emitting diode and a layer of this composition

2. Claims: 28-29

A device comprising a blue light emitting diode and a green phosphor

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

I. International Application No

PCT/US 00/26377

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4303913 A	01-12-1981	JP 55030176 A	03-03-1980
		JP 55030177 A	03-03-1980
		JP 55030178 A	03-03-1980
		JP 57017350 B	10-04-1982
		CA 1130362 A	24-08-1982
		DE 2933986 A	13-03-1980
		FR 2434446 A	21-03-1980
		GB 2028362 A, B	05-03-1980
US 3621340 A	16-11-1971	BE 748880 A	16-09-1970
		DE 2018353 A	29-10-1970
		FR 2043403 A	12-02-1971
		GB 1317731 A	23-05-1973
		IL 34300 A	31-05-1973
		JP 48042392 B	12-12-1973
		NL 7005417 A	20-10-1970
		SE 358897 B	13-08-1973
WO 9750132 A	31-12-1997	DE 19625622 A	02-01-1998
		DE 19638667 A	02-04-1998
		BR 9709998 A	10-08-1999
		CN 1228873 A	15-09-1999
		EP 0907969 A	14-04-1999
		JP 2000512806 T	26-09-2000
		US 2001000622 A	03-05-2001
		BR 9706787 A	13-04-1999
		WO 9812757 A	26-03-1998
		DE 29724284 U	21-09-2000
		DE 29724382 U	21-12-2000
		EP 0862794 A	09-09-1998
		JP 11500584 T	12-01-1999
		JP 2000236112 A	29-08-2000
WO 9748138 A	18-12-1997	EP 0856202 A	05-08-1998
		JP 11510968 T	21-09-1999
US 5847507 A	08-12-1998	EP 1021817 A	26-07-2000
		WO 9902026 A	21-01-1999
US 5208462 A	04-05-1993	NONE	
US 4563297 A	07-01-1986	NONE	



(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
22 November 2001 (22.11.2001)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 01/88609 A1**

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **G02F 1/33**,  
B41J 2/47, H04B 10/04

(21) International Application Number: PCT/US01/15482

(22) International Filing Date: 14 May 2001 (14.05.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
60/204,236 15 May 2000 (15.05.2000) US

(71) Applicant (for all designated States except US): **ADVANCED LASER TECHNOLOGIES, INC.** [US/US];  
40 West Easy Street, Suite 3, Simi Valley, CA 93065 (US).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): **CONEMAC, Donald, C.** [US/US]; 2165 Rudolph Drive, Simi Valley, CA 93065 (US).

(74) Agent: **HENTY, David, L.**; Myers, Dawes & Andras LLP,  
19900 MacArthur Blvd., Suite 3, Irvine, CA 92612 (US).

(81) Designated States (*national*): AF, AG, AI., AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

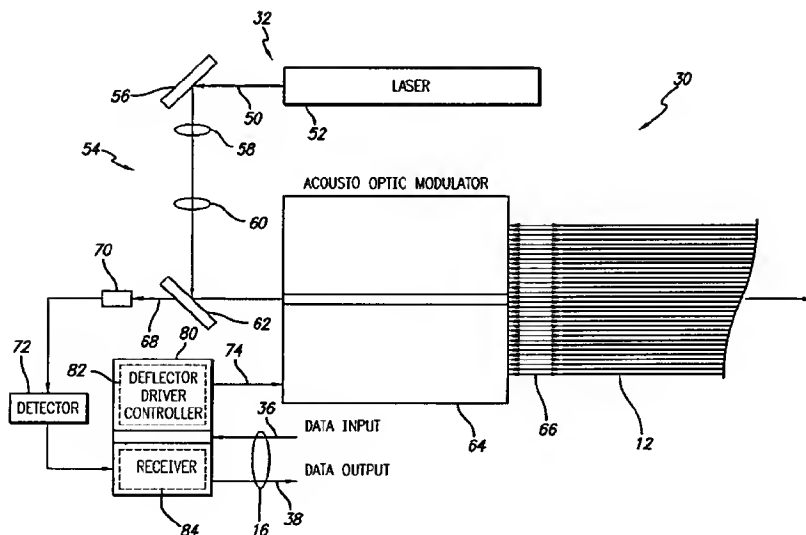
(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Published:**

- with international search report
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: OPTICAL SIGNAL GENERATOR FOR HIGH SPEED MULTI-FIBER OPTICAL SWITCHING



(57) **Abstract:** An optical signal generator suitable for high capacity multi-fiber optical data transmission or switching applications is disclosed. An optical signal generator (30), adapted for use in a fiber optic network, comprises a plurality of optical fibers respectively coupled to plural nodes of the fiber optic network. The optical signal generator (30) includes an input optical channel (52) providing a light beam and an acousto-optic modulator (64) receiving the light beam and providing a plurality of separate output light beams (66). Each of the output light beams is independently optically coupled to a respective optical fiber (12). An acousto-optic modulator controller circuit (82) is coupled to receive a data input and drives the acousto-optic modulator (64) to independently modulate the plural output beams based on the input data.

## OPTICAL SIGNAL GENERATOR FOR HIGH SPEED MULTI-FIBER OPTICAL SWITCHING

### 5 RELATED APPLICATION INFORMATION

The present application claims priority under 35 USC 119 (e) of provisional application serial no. 60/204,236 filed May 15, 2000 the disclosure of which is incorporated herein by reference.

10

### BACKGROUND OF THE INVENTION

#### 1. Field of the Invention

15

The present invention relates to optical signal generators and optical switches and related methods. The present invention further relates to data networks and, in particular, to fiber optical data networks and methods of transmitting and receiving data along fiber optical data networks.

20

#### 2. Background of the Prior Art and Related Information

Fiber optic data distribution networks are becoming increasingly important for the provision of high bandwidth data links to commercial and residential  
25 locations. Such systems employ optical fibers to transmit data in the form of modulated optical signals, which provides very high bandwidth data transmission and is the reason for the increasing importance of fiber optic networks. Since fiber optic data distribution networks are light based they must employ optical signal generators to convert user data in the form of  
30 electrical signals to modulated light which is coupled into the optical fiber. In particular, optical transmitters (or "transceivers" when combined with a receiver in one device) are employed throughout fiber optic distribution networks to couple electronic input data into the optical network. Fiber optic data distribution networks also employ switches at various locations

throughout the network. For example, in the Internet, portions of which are fiber optic based, routers are employed to direct data packets to their destination. These switches are typically electrical, not optical, in nature.

Such switches thus involve the use of optical receivers to convert the optical  
5 signals to electrical signals and optical signal generators to convert the signals back to modulated light. Therefore, optical signal generators are also a key component of routers and other switches employed in optical fiber networks.

At various nodes in an optical fiber data network it may be necessary to  
10 couple the node to multiple optical fibers. For example, in an all fiber network nodes close to the network backbone will typically couple to multiple fibers. Also, in combined wire and optical networks, such as the Internet, multiple fiber coupling may be employed at many locations. In such multiple fiber nodes the associated optical signal generators can become very complex and  
15 expensive, especially where high data rates are desired. More specifically, at multi-fiber nodes a separate optical transmitter is typically employed for each fiber. Each optical transmitter comprises a laser diode which is driven by the electrical input data signals to modulate the laser light to be transmitted down the particular fiber. As the number of fibers at the node is increased the need  
20 for multiple optical transmitters and associated control circuitry causes the implementation cost and complexity to rapidly increase. Also, the space requirements for such a multi-fiber multi-transmitter implementation can rapidly become a problem. This is particularly true since dense packing of the transmitters is not possible due to heat generation.

25 Accordingly, it will be appreciated that a need presently exists for an efficient and cost effective optical signal generator suitable for high capacity multi-fiber optical data transmission or switching applications. A need further exists for an improved fiber optic data network employing more efficient multi-fiber  
30 optical signal generation.

## SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention provides an efficient and cost effective optical signal generator suitable for high capacity multi-fiber optical data transmission or switching applications. The present invention further provides an improved fiber optic data network employing more efficient multi-fiber optical signal generation.

In a first aspect, the present invention provides an optical signal generator suitable for high capacity multi-fiber optical data transmission or switching applications in a fiber optic network. The optical signal generator comprises a plurality of optical fibers respectively coupled to plural nodes of the fiber optic network. The optical signal generator includes an input optical channel providing a light beam and an acousto-optic modulator receiving the light beam and providing a plurality of separate output light beams. Each of the output light beams is independently optically coupled to a respective optical fiber. An acousto-optic modulator controller circuit drives the acousto-optic modulator to form the plural beams. The acousto-optic modulator controller circuit is also coupled to receive a data input and independently modulates the plural output beams based on the input data.

Preferably, plural input optical channels are provided. In a first embodiment each input optical channel creates M plural output beams coupled to M different fibers. Therefore, if the input optical channels are N in number, the plural output beams are MxN in number. As an example, if four input optical channels are provided and each creates 32 output beams, a total of 128 separate output beams and data channels may be provided. In another embodiment a plurality of input optical channels provide a plurality of light beams at a plurality of discrete wavelengths and plural output beams are created for each wavelength. Independently modulating the plural output beams based on the input data provides plural output wavelength division multiplexed data channels for each output beam.

In a further aspect, the present invention provides an optical data link adapted for use in a fiber optic network. The optical data link includes a physical layer comprising a plurality of optical fibers respectively coupled to plural nodes of the fiber optic network and providing bidirectional modulated optical signals.

5 The physical layer further includes an optical signal generator having a source of at least one light beam and an acousto-optic circuit receiving the light beam and providing a plurality of separate output independently modulated light beams from the light beam. These output beams are optically coupled to respective optical fibers of the network. The optical data link also includes an  
10 upper logical data layer coupled to the physical layer and providing data to and from the physical layer. The upper data layer includes data switching information. The switching information may comprise routing information from a network layer in an application of the optical data link in a router.

15 In another aspect the present invention provides a method for transmitting data in a fiber optic network. The method comprises receiving data to be transmitted over the network and acousto-optically generating a plurality of separate output light beams from an input beam of light. The beams are independently modulated using the received data to form modulated optical  
20 signals. The modulated light beams are optically coupled to respective optical fibers. The data, in the form of the modulated optical signals, is provided to plural nodes of the fiber optic network via the plurality of optical fibers. In a preferred application, the received data to be transmitted comprises data packets having data routing information and the data packets are directed to  
25 the nodes based on the routing information.

Further aspects of the present invention will be appreciated by a review of the following detailed description of the invention.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 is a block schematic drawing of an improved fiber optic data network comprising optical data links employing multi-fiber optical signal generation in accordance with the present invention.

Figure 2 is a schematic drawing illustrating the interface logic architecture of an optical data link of figure 1.

Figure 3 is a block schematic drawing of a portion of the fiber optic data network of figure 1 illustrating multi-fiber optical signal generation in accordance with the present invention.

Figure 4 is a block schematic drawing of one channel of an optical signal generator employed in the optical data link of figure 1, in accordance with the present invention.

Figure 5A is a block schematic drawing of an AOM controller employed in the optical signal generator channel of figure 4, in accordance with the present invention.

Figure 5B is a schematic drawing of an analog multiplier array employed in the AOM controller of figure 5A.

Figure 6 is a block schematic drawing of a four channel AOM controller employed in the optical signal generator channel in accordance with a four channel embodiment of the present invention.

Figure 7 is a block schematic drawing of an optical signal generator in accordance with an alternate embodiment of the present invention employing wavelength division multiplexing.

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

In figure 1, a schematic drawing of an improved fiber optic data network employing multi-fiber optical signal generation in accordance with the present invention is illustrated. As used herein the term fiber optic data network refers to any data network which employs optical data transmission or switching in at least a portion thereof and may include all optical networks or combined optical and wire and/or wireless networks. The illustrated network may be a WAN (Wide Area Network), LAN (Local Area Network) or portion of such networks. The illustrated network may also be a combination of linked networks of different types, such as the Internet.

Referring to figure 1, the fiber optic data network includes one or more optical data links 10. Each optical data link 10 is coupled to other points or nodes on the network via a plurality of optical fibers 12. In particular, the optical fibers 12 may couple the optical data link 10, to a network backbone, one or more gateway nodes, and one or more host nodes as generally illustrated. Gateway nodes 14 in turn may act as gateways to other networks through connections 18. The gateways 14 may provide optical fiber coupling to other fiber optic network locations along optical fibers 18 in which case one or more of the gateways 14 may also comprise optical data links in accordance with the present invention. Alternatively, gateways 14 may couple to all wire networks or all wireless networks or a combination of wired and wireless networks and in which case connections 18 will be appropriate wire or wireless communication links. As further illustrated in figure 1, in addition to optical fibers 12, the optical data link 10 also may be coupled to electrical communications connections 16. These electrical communications connections 16 may be wired or wireless connections and associated modems or other known connections employed. Electrical communications connections 16 may provide data inputs and data outputs which may correspond to direct data entry points into the optical network via the optical

data link 10. Also, one or more of the electrical communications connections 16 may comprise connections to electrical nodes 15 of electrical networks.

The optical data link 10 employs a high speed optical signal generator which provides high data rate coupling of data to the plurality of optical fibers 12, which data flow may be from the electrical links 16 to the optical fibers 12 or may be from fibers 12 to other fibers 12. Therefore, it will be appreciated by those skilled in the art that the optical data link 10 may provide different functionality depending on the particular application. For example, in an application where the data network shown in figure 1 comprises a portion of the Internet, the optical data link 10 may comprise a router which receives data packets along fibers 12 and directs the data packets along different optical fibers 12. In other network applications, such as a LAN or WAN application, the optical data link 10 may provide a less sophisticated optical switching function to direct data flow to various nodes of the network along fibers 12. Also, where optical data link 10 comprises an initial data entry point into an optical network it may function as an optical transmitter receiving input data along one or more electrical links 16 and optically transmitting the data along optical fibers 12. Preferably, the optical data link 10 provides bidirectional data flow in which case it may be employed as an optical transceiver in some data network applications.

As one particular example of a fiber optic data network application, the optical data link 10 may be employed in the end portion of a high bandwidth connection to a large number of end users. Such applications are sometimes referred to as the "last mile" portion of high bandwidth communication networks. In such an application, the optical data link 10 will receive data from one or more fibers 12 close to the network backbone and provide them to end-user gateways 14 at locations close to the end-user homes or businesses, which gateways provide the data to the end users at home or business locations along lines 18. In such applications the data may comprise video, voice, cable TV or other continuous transmissions and packet data



corresponding to data transmitted from the Internet. Other applications are possible, however, as will be appreciated by those skilled in the art.

Referring to figure 2, a schematic drawing of the data architecture employed in the optical data link 10 of figure 1 is illustrated.

The optical data link 10 has the capability to handle a wide array of inputs and be configurable to handle various sizes of packets in packet switched systems. Figure 2 shows the logical architecture diagram for a bi-directional data link interface. The architecture consists of multiple layers or levels as shown in the figure, which multi-layer architecture corresponds to the OSI (Open Systems Interconnection) model. Each layer is a logical entity, containing protocols that perform certain functions. The message software is partitioned into these layers for modular functionality. The physical layer 20 comprises the communication medium (i.e. the fiber 12 or radio or electronic link 16) and the associated communication device(s). Each layer uses the services provided by the one below and provides services to the one above. Thus, outgoing data/messages will flow from the top of the architecture down while incoming messages will flow from the bottom up. Where the optical data link 10 functions as a router or a switch the data will flow up to the appropriate level and then back down and out with the appropriate address or routing information added. In particular, when functioning as a router the data will flow up to the third layer, the Network layer 24 of figure 2, where the routing information for the packet is determined. When acting as a more basic switch in a network the data flow will be to the second layer, the Data Link layer 23 in figure 2, where connection address information is determined.

As a specific example the logic flow where the Application layer 28 has a message (file) to send will be considered. (In the OSI model the architecture has seven layers and the three upper layers, collectively illustrated by Application layer 28 in figure 2, are the application, presentation and session layers, as will be appreciated by those skilled in the art.) The Transport level

breaks it into multiple units, adds sequence numbers (IDs) and other protocol information, for retransmission-reassembling purposes, and delivers the messages to the Network level 24, which adds its own information (network addresses), and with all this information, determines the next path.

- 5 Essentially, the Network level 24 routes the message (or packet) via source/destination addresses in a manner well known in the art. The Data Link level 23 then adds its own header (for error detection/correction) and sends the packet to the next level. The Data Link level also coordinates point to point (link) transmission, or in the case of medium access control (MAC)
- 10 determines transmission priority. The Physical level is the actual method of transmission and includes specifying the bit-encoding format. In the typical Transport level there are two protocols, TCP (Transmission Control Protocol) and UDP (User Datagram Protocol). TCP (reliable) is used for messages, which require verification and require an acknowledgement from the receiver.
- 15 Without an acknowledgement, the message is retransmitted until an acknowledgement is received. UDP (typically used for lower cost but less reliable transmissions), does not require verification. If the data is lost, there is no retransmission. E-mail in most networks and in the Internet uses UDP. UDP is also used for some longer transmissions such as audio and video
- 20 where the delays in re-transmitting the data only confuses the audio or video being received. Accordingly, different protocols may be employed depending on the particular application.

- In a switching or routing application of optical data link 10, optical and/or
- 25 electronic data is received at the data links 12, 16, respectively, through an appropriate interface in the physical link 20. Serial to parallel shift registers and high-speed logic circuitry format the data at a speed compatible with the switch operation. The network protocol preferably follows TCP for high reliability and UDP for Email and other low cost messaging. The transport
- 30 layer 26 breaks the file into multiple units, adds sequencing numbers (IDs) among other things, for retransmission and assembling purposes and passes this data to the network (IP) layer 24. The network layer adds its own

headers, such as addresses, and determines the next hop. The network layer routes the packet via source/destination addresses. The packet then flows down to the data link layer 23. The data link layer adds its own header, for error detection/correction, and inputs the signal to the physical layer where the signal is input to the optical signal generator, as described below. In a layer 2 switching operation where routing is not provided, e.g., in LAN switching operation, the data flow would only flow up to the data link layer 23. Furthermore, in an even simpler switching application the switching could be performed entirely at the physical level.

10

In figure 3 a block schematic drawing of a portion of the fiber optic data network of figure 1, illustrating an optical signal generator in accordance with the present invention, is shown.

15 Referring to figure 3, a portion of the physical layer 20 of the optical data link 10 incorporating an optical signal generator 30 is illustrated coupled to a plurality of optical fibers 12. The other ends of optical fibers 12 are illustrated coupled to a plurality of nodes 14 which are illustrated as gateway access points to electronic networks. It will be appreciated from the preceding discussion that other types of network nodes 14 may equally be coupled to optical fibers 12. As shown, the optical signal generator 30 includes a plurality of input optical channels 32, which as illustrated may be N in number. For example, four input optical channels may be provided in one embodiment which will be described in more detail below. In general, however, one or more input optical channels may be provided, with the maximum number of optical channels only being limited by the requirements of the particular application and the associated cost and space constraints. As shown, input optical channels 32 may be provided by lasers 1-N but other optical sources, such as light emitting diodes, or optical fibers, may potentially be employed for some applications. The input optical channels 32 are provided to acousto-optic circuit 34 which converts the input optical channels to a greater number of output optical channels or beams which are coupled to the fibers 12. The

number of output optical channels and fibers 12 will also vary with the particular application. For example, in one particular embodiment each input optical channel will create 32 output optical channels coupled to 32 fibers. In such an embodiment 2-32 output channels may equally be provided. A  
5 greater or lesser number of output optical channels and fibers may be provided for each input channel, however. The number of total output optical channels and fibers correspond to the number of input optical channels (N) times the channel multiplication factor (M) for each channel, i.e.,  $N \times M$  output channels. For example, if four input channels are provided and each input  
10 channel provides 32 output channels, then a total of 128 output channels and fibers would be provided. In an alternate embodiment which will be described below in relation to figure 7, the different input optical channels may correspond to different wavelengths of input light provided on the same fibers.

15 Still referring to figure 3, the acousto-optic circuit 34 also receives a data input along line 36 corresponding to the data to be transmitted along the individual fibers 12. The acousto-optic circuit 30 allows each output channel to be separately modulated by the data input along line 36, as will be described in more detail below in relation to preferred implementations of the  
20 circuit 30. Also, as illustrated in figure 3 in a preferred bidirectional implementation output data is provided along line 38 corresponding to data received along fibers 12 from other nodes in the network.

As further illustrated in figure 3, the opposite ends of fibers 12, located at the  
25 nodes 14, are coupled to conventional optical transceivers which will convert the incoming modulated optical signals to electrical signals and provide output electrical data signals. Where nodes 14 correspond to end user gateway nodes, the electrical data signals in turn will be provided to and to an access network 44 which provides the data to a plurality of end-users along lines 46  
30 as illustrated. This gateway implementation may correspond to a last mile type of application such as described previously. One or more optical to electrical converters 40 and Internet Protocol (IP) router 42 may also be

provided in optical data link 10 as part of the physical layer 20, e.g., where one or more of the nodes 14 in figure 3 is implemented as an optical data link in accordance with the present invention. Thus, conventional optical transceivers and routers may be combined with the optical signal generator 30 in various implementations of the optical data link 10, for example, in switching applications.

Referring to figure 4, a preferred embodiment of the optical signal generator 30 is illustrated corresponding to a single input optical channel 32. As shown, the input optical channel 32 may comprise a laser beam 50 provided from laser 52. Laser 52 may comprise a laser diode or a higher power laser, such as a CO<sub>2</sub> or mixed gas laser, depending on the desired number of channels to be generated by the laser 52. The laser beam 50 is provided to an AOM (Acousto-Optic Modulator) 64 via optics 54. The AOM 64 may be a commercially available high-speed AOM which employs a transparent Bragg cell to reflect incoming laser beam by a variable angle depending on the drive signal applied thereto. In the specific implementation illustrated, optics 54 comprises mirror 56, lenses 58 and 60 and beam splitter 62. Such specific optics are purely illustrative in nature, however, since the specific application and the associated space constraints will dictate the particular optics employed. The AOM 64 receives a drive signal along line 74 from AOM deflector driver controller 82, which forms part of the controller circuit 80. The drive signal incrementally changes the index of refraction of the AOM 64 causing a finite lateral displacement of the laser beam. This signal is varied in calibrated increments to generate plural output beams 66, M in number. For example, M may be 2-32 in a presently preferred embodiment, but M may be greater than 32 if input beam power and fiber spacing permit. Each output beam may be modulated at high speed with an independent data channel in response to a data input for the plural data channels provided along line 36. For example, a 6 ns modulation rate (166 MHz) may be provided in one preferred implementation. A detailed implementation of the AOM deflector driver controller 82 will be described below in relation to figure 5. Alternatively,

the output beams may be independently modulated with the data channels by a separate modulator or array of modulators after being output from AOM 64. The independently modulated beams 66 are individually coupled to respective fibers 12 as illustrated in figure 4. A suitable fiber spacing for beam coupling is provided. For example, a 0.160 inch fiber spacing may be suitable for a 32 output beam embodiment.

As described previously, the optical data link of the present invention provides a bidirectional optical transmission capability and the optical signal generator 30 may provide some or all of such a bidirectional capability by providing an optical receive function for light from fibers 12. This is illustrated in the embodiment of figure 4 by the incoming modulated light beam provided from fibers 12, through AOM 64 in a reverse direction to beam splitter 62. Beam splitter 62 may be a conventional beam splitter known in the art and may incorporate an optical filter to allow one wavelength of light for transmission and a second wavelength for incoming light. That is splitter 62 will pass incoming beam 68 at one wavelength and reflect outgoing beam 50 at a second wavelength. Alternatively, the beam splitter may employ the teachings of U.S. patent No. 6,134,050, the disclosure of which is incorporated herein by reference. In an embodiment employing the '050 patent, a beam altering element may be placed in the optical path between laser 52 and AOM 64. The resulting altered beam 50 may be annular in cross section and conventional splitter 62 replaced with an annular mirror reflecting the altered beam to the AOM. The incoming beam 68 may then pass through a central hole or transparent region in the annular reflector. In either embodiment, the incoming light beam 68 is provided to photodetector 70 which may comprise a conventional photodiode. The output photocurrent from photodetector 70 is provided to detector 72 which converts the photocurrent to a modulated voltage signal provided to receiver 84 in control circuit 80. The data encoded in the modulated light signals is decoded by receiver 84 and provided as an output along line 38. The photodetector 70, detector 72 and receiver 84

alternatively may be combined in a commercially available optical receiver which provides the data output 38 from light beam 68.

Referring to figure 5A and 5B, a preferred embodiment of the deflector driver controller circuit 82 is illustrated in a block schematic drawing. As illustrated, input data is provided along line 36 to control logic 90. The input data along line 36 may be in serial or parallel form and, for example, data input 36 may be a high-speed bus or other high-speed data interface. Control logic 90 may preferably be implemented as a programmable logic array, for example, an Altera programmable logic device may be used to implement the control logic. Control logic 90 converts the data from parallel to serial form if necessary and based on the number of output optical channels determines the control signals to be applied to the AOM 64 based on the input data. The control signals are output in digital form from control logic 90 to a digital to analog converter 92 which provides the analog driver control signal to analog multiplier array 96. The analog multiplier array 96 also receives a plurality of high frequency oscillator signals from oscillator array 94, which oscillator array 94 also receives an enable signal from the control logic 90. A preferred implementation of the analog multiplier array 96 is illustrated in figure 5B. As shown in figure 5B, the analog multiplier array 96 may comprise a parallel array of individual analog multipliers each receiving an oscillator input from the oscillator array 94. The individual analog multiplier outputs correspond to discrete frequency drive signals corresponding to discrete shifts of the deflection angle of the AOM 64. The output of the analog multiplier array 96 thus comprises a series of discrete drive signals which are selected or stepped in response to the control signal provided from control logic 90. These discrete drive signals are provided along parallel lines to splitter/combiner 98 which provides a single selected drive signal to level gain control circuit 100. Level gain control circuit 100 receives a level control signal from control logic 90 which may adjust the gain of the drive signal based on various factors which may be monitored by the system or input by the end user. The level adjusted signals are provided to an analog multiplier

102 which outputs a preamplified signal to power amplifier 104 which in turn provides the amplified drive signal along line 74 to the AOM 64.

Referring to figure 6, a preferred embodiment of a four channel deflector driver controller circuit is illustrated. The embodiment of figure 6 generally corresponds to the embodiment of figure 5 duplicated four times to provide parallel drive signals for separate AOMs 64. Therefore, the majority of the circuit components illustrated in figure 6 have the same reference numerals as described above in relation to figure 5 and their operation will not be repeated.

The illustrated four channel embodiment provides some space savings by sharing circuit components which may be combined across the multiple channels. In particular, a shared oscillator array 120 is employed in the embodiment of figure 6 as illustrated. This is possible since each AOM 64 will preferably be of identical construction and therefore identical oscillators may be used to provide the discrete deflection drive signals in each channel. In particular, a plurality of individual oscillators 122 may be configured in a single array as illustrated. This provides a more compact layout and allows sharing of the oscillators between the channels. Therefore, it will be appreciated that the four channel deflector driver controller illustrated in figure 6 may be compactly laid out on a single printed circuit board providing cost and space advantages in one implementation of the present invention.

Referring to figure 7, an alternate embodiment of the signal generator of the present invention is illustrated employing wavelength division multiplexing along the optical fibers 12. In figure 7, a four channel embodiment is shown which provides four separate wavelengths of light from four lasers 52. It will be appreciated that four input optical channels and four wavelengths are purely for illustration purposes and a greater or lesser number of channels and wavelengths may be provided. In general, N lasers 52 with N discrete optical wavelengths are implied in the embodiment of figure 7. The manner in which the individual optical channels are provided to a plurality of fibers 12 and individually modulated with input data using an array of AOMs 64 and



controller circuit 80 will be appreciated from the preceding embodiments. In the embodiment of figure 7, however, each separate AOM 64 provides the output optical channels to the same array of fibers 12 but with each set of output optical channels at a different wavelength of light. The discrete  
5 wavelength output channels are illustrated by separate output channels 128 in figure 7.

The number of output beams in such a wavelength division multiplexing embodiment thus corresponds to the multiplication factor (M) for a single  
10 channel. The use of multiple wavelengths provides for the multiple data channels on each fiber through the use of wavelength division multiplexing. Thus, with N input channels with N discrete wavelengths, a total of NxM data channels are provided. As an example, if each input channel provides 32 output channels (M=32) and four wavelengths of light are provided on four  
15 respective input channels (N=4), then 32 output beams and fibers would be provided. Each fiber would receive four separate wavelengths of light and data transmitted in four separate wavelength division multiplexed channels. Therefore, 128 separate data channels would be provided.

20 In the embodiment of figure 7, additional optics may be provided in addition to the optics 54 and beam splitter 62 described in the previous embodiments. In particular additional optics 130 which may comprise one or more lenses in each input optical channel may be provided as illustrated. Also, additional optics 132 in the output channels may be provided to allow the array of AOMs  
25 64 to all correctly optically couple to the array of fibers 12. More specifically, since each AOM 64 is shifted to a slightly different optical axis from the adjacent AOM, corrective optics 132 will be provided to allow each of the channels 128 to optically couple to the fibers 12 without undue power loss due to misalignment with the fibers. Preferably, optics 132 will flatten the optical  
30 field allowing each of the plural output beams to enter the respective fiber at substantially 0 degrees.

In the embodiment of figure 7, bi-directional transmission may be provided. Therefore, beam splitters 62, photodetectors 70, detectors 72 and receiver circuitry in controller 80 may be provided as generally described previously. Each filter 62 may be set to a different wavelength to allow bi-directional  
5 operation at plural wavelengths.

In view of the foregoing, it will be appreciated that an optical signal generator has been disclosed providing a number of the advantageous features. In particular, high-speed optical signal generation into a plurality of optical fibers  
10 is provided by the present invention in a compact and cost-effective manner. Also, an optical data link according to the present invention may be employed in a variety of networking applications including optical switches and routers.

The specific advantages and features of the present invention will vary with  
15 the particular application and are too numerous to identify for every possible application. One specific example of an implementation for one application will illustrate such potential advantages, particularly in endpoint "last mile" communications applications. The specific example will assume an embodiment of the optical signal generator which converts four beams of laser  
20 light into 128 separate output laser beams. The associated method permits the brightness of each of the 128 beams of light to be modulated and individually addressed with differing optical frequencies, with digital data at a clock rate of 200 MHz per second. This method permits the brightness of each of the 32 beams of light to be compensated so that no matter which  
25 combinations of beams are on in any moment, or which of 256 levels of brightness are selected, without deviation, the brightness in each of the 32 beams always matches exactly the assigned value ranging between 0 and 255.

30 The total information bandwidth of the optical data link in this example is 51.2 Gbits/sec. capable of delivering a secure downstream subscriber data stream. As will be described in detail, the system is capable of modulating each of the

128 beams every 5 ns or at 200 Mbits/sec. By use of known high speed A/D circuitry in combination with grayscale technology, 8 bits of data can be transmitted in each clock cycle. Additionally, employing a basic A/D converter is the equivalent of deMUXing a high-speed data rate, i.e., from high to low rates, and therefore eliminates deMUXing requirements.

Since the optical signal generator simultaneously creates 32 individual channels each having 8-bit grayscale, the data in each of the 32 channels, by definition, is unrelated, although it can as easily be used to multi-cast data.

10 The electronics can therefore be clocked at 200 MHz by merely changing the reference clock. As a result, each input optical channel develops 32 channels of data or can be described as having 51.2 G/bits of data throughput per channel. In a configuration that has four channels in a single package, the resultant system delivers a data throughput of 204.8 G/bits of data into 128 single mode fibers by running the reference clock at 200 MHz.

The system design delivers downstream data to a gateway device that converts the optical digital data into electronic digital data, which in turn can be delivered in real-time to any number of business, entertainment or information appliances. This implementation is preferably designed as a dual direction transmission system that can inexpensively deliver and receive real-time content to a household gateway or to an optical PC based network card. Dual directionality is achieved through the use of WDM (wavelength-division-multiplexing) type gratings separating the offset frequencies used for transmission in two directions. Single mode fiber connections using bi-directional data transfer in the same fiber using common optical transceivers offset in optical frequency from the downstream optical frequency may thus be provided. By creating a grayscale data bit, this system has the capability of delivering a secure downstream subscriber data stream.

30

In summary, this example of an implementation of the present invention creates 128 laser outputs from only 4 laser inputs. This extremely low cost

system based on the need for only 4 low cost 850nm semiconductor lasers, results in a versatile and highly flexible end-point data communication system with the high speed advantages of fiber communications and the flexibility and versatility of 128 high speed fiber outputs to interface with even the most  
5 advanced end-point communication applications. A bi-directional capability with a second optical switching coupled through the same fiber trunks using optical gratings to separate the signals operating at 10nm difference wavelengths is provided. The result is a versatile end point communication system with a total system data handling capacity of 51.2 Gbits/sec.

10

Although the present invention has been described in relation to specific embodiments it should be appreciated that such embodiments are purely for illustrative purposes and should not be viewed as limiting in any way.

## WHAT IS CLAIMED IS:

1. An optical signal generator adapted for use in a fiber optic network,  
comprising:
  - 5 a plurality of optical fibers respectively coupled to plural nodes of the fiber optic network;  
an input optical channel providing a light beam;  
an acousto-optic modulator receiving the light beam and providing a plurality of separate output light beams independently optically coupled to respective
  - 10 optical fibers; and  
a deflector controller circuit, coupled to drive the acousto-optic modulator to create the plural output beams.
2. An optical signal generator as set out in claim 1, wherein said input optical  
15 channel comprises a laser providing said light beam.
3. An optical signal generator as set out in claim 2, wherein said laser comprises a laser diode.
- 20 4. An optical signal generator as set out in claim 2, wherein said laser comprises a gas laser.
5. An optical signal generator as set out in claim 1, wherein said plural output beams are M in number.
- 25 6. An optical signal generator as set out in claim 5, wherein M is in the range 2-32.
7. An optical signal generator as set out in claim 1, wherein said deflector  
30 controller circuit is coupled to receive a data input and independently modulates the plural output beams based on the input data.

8. A multi-channel optical signal generator adapted for use in a fiber optic network, comprising:  
a plurality of optical fibers respectively coupled to plural nodes of the fiber optic network;
- 5 a plurality of input optical channels providing a plurality of input light beams;  
an acousto-optic modulator array receiving the plurality of input light beams and providing a plurality of separate output light beams independently optically coupled to respective optical fibers; and  
a deflector controller circuit, coupled to drive the acousto-optic modulator
- 10 array, for driving the modulator array to create the plural output beams.
9. An optical signal generator as set out in claim 8, wherein said deflector controller circuit is coupled to receive a data input and independently modulates the plural output beams based on the input data.
- 15
10. An optical signal generator as set out in claim 8, wherein the input optical channels are N in number and wherein said plural output beams are MxN in number.
- 20 11. An optical signal generator as set out in claim 10, wherein there are 2-4 input optical channels and 2-32 output beams.
12. An optical signal generator as set out in claim 11, wherein there are 4 input optical channels and 128 output optical channels.
- 25
13. An optical signal generator as set out in claim 10, wherein said acousto-optic modulator array comprises N acousto-optic modulators.
14. A wavelength division multiplexed optical signal generator adapted for use
- 30 in a fiber optic network, comprising:  
a plurality of optical fibers respectively coupled to plural nodes of the fiber optic network;

a plurality of input optical channels providing a plurality of light beams at a plurality of discrete wavelengths;  
an acousto-optic modulator receiving the plurality of light beams and providing a plurality of separate output light beams independently optically coupled to  
5 respective optical fibers; and  
a controller circuit, coupled to receive a data input and coupled to drive the acousto-optic modulator to create the plural output beams, for independently modulating the plural output beams based on the input data to provide plural output wavelength division multiplexed data channels for each output beam.

10

15. An optical signal generator as set out in claim 14, wherein the input optical channels are N in number, the output beams are M in number and wherein the total output data channels are  $M \times N$  in number.

15 16. An optical data link adapted for use in a fiber optic network, comprising:  
a physical layer comprising a plurality of optical fibers respectively coupled to plural nodes of the fiber optic network and providing bidirectional modulated optical signals, an optical signal generator comprising a source of at least one light beam, and an acousto-optic circuit receiving the light beam and from  
20 said light beam providing a plurality of separate output independently modulated light beams optically coupled to respective optical fibers; and  
an upper logical data layer coupled to the physical layer and providing data to and from the physical layer, the upper data layer including data switching information.

25

17. An optical data link as set out in claim 16, wherein said upper data layer comprises a data link layer including network address information.

18. An optical data link as set out in claim 16, wherein said upper data layer  
30 comprises a network layer including network routing information.

19. A method for transmitting data in a fiber optic network, comprising:

receiving data to be transmitted over the network;  
acousto-optically generating a plurality of separate output light beams from  
an input beam of light;  
independently modulating the light beams using the received data to form  
5 modulated optical signals;  
optically coupling the modulated light beams to respective plural optical  
fibers; and  
providing the data in the form of the modulated optical signals to plural nodes  
of the fiber optic network via the plurality of optical fibers.

10

20. A method for transmitting data in a fiber optic network as set out in claim  
19, wherein the received data to be transmitted comprises data packets  
having data routing information and wherein the method comprises directing  
the data packets to the nodes based on the routing information.

15

20



1/6

FIG. 1

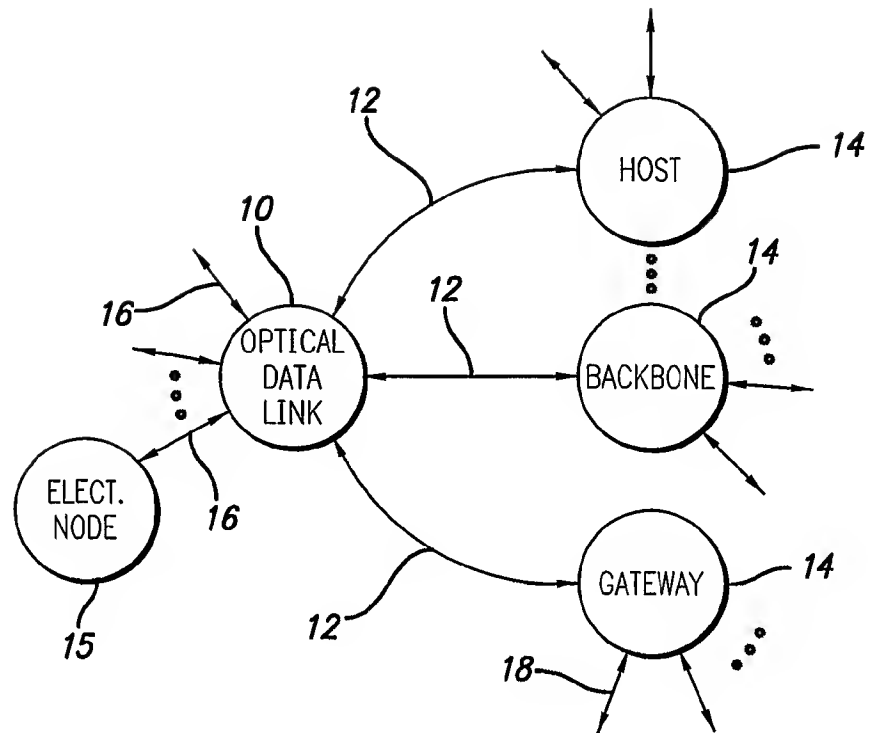
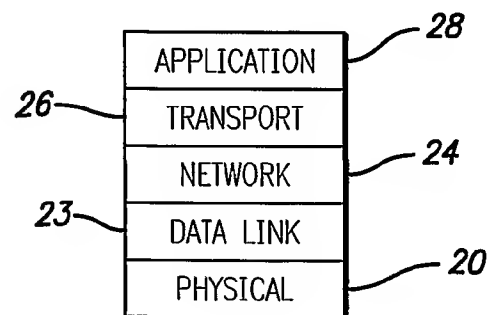
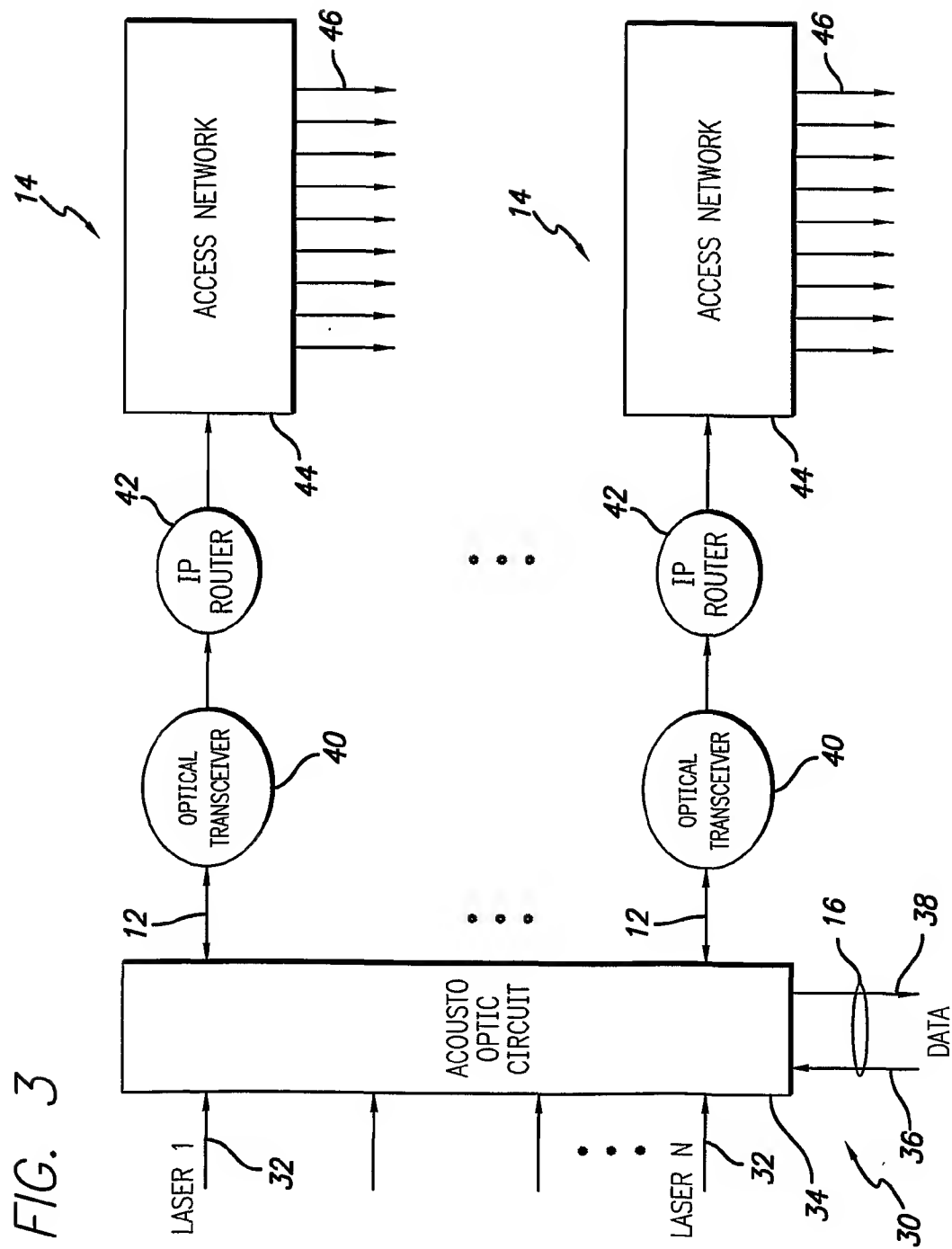


FIG. 2





3/6

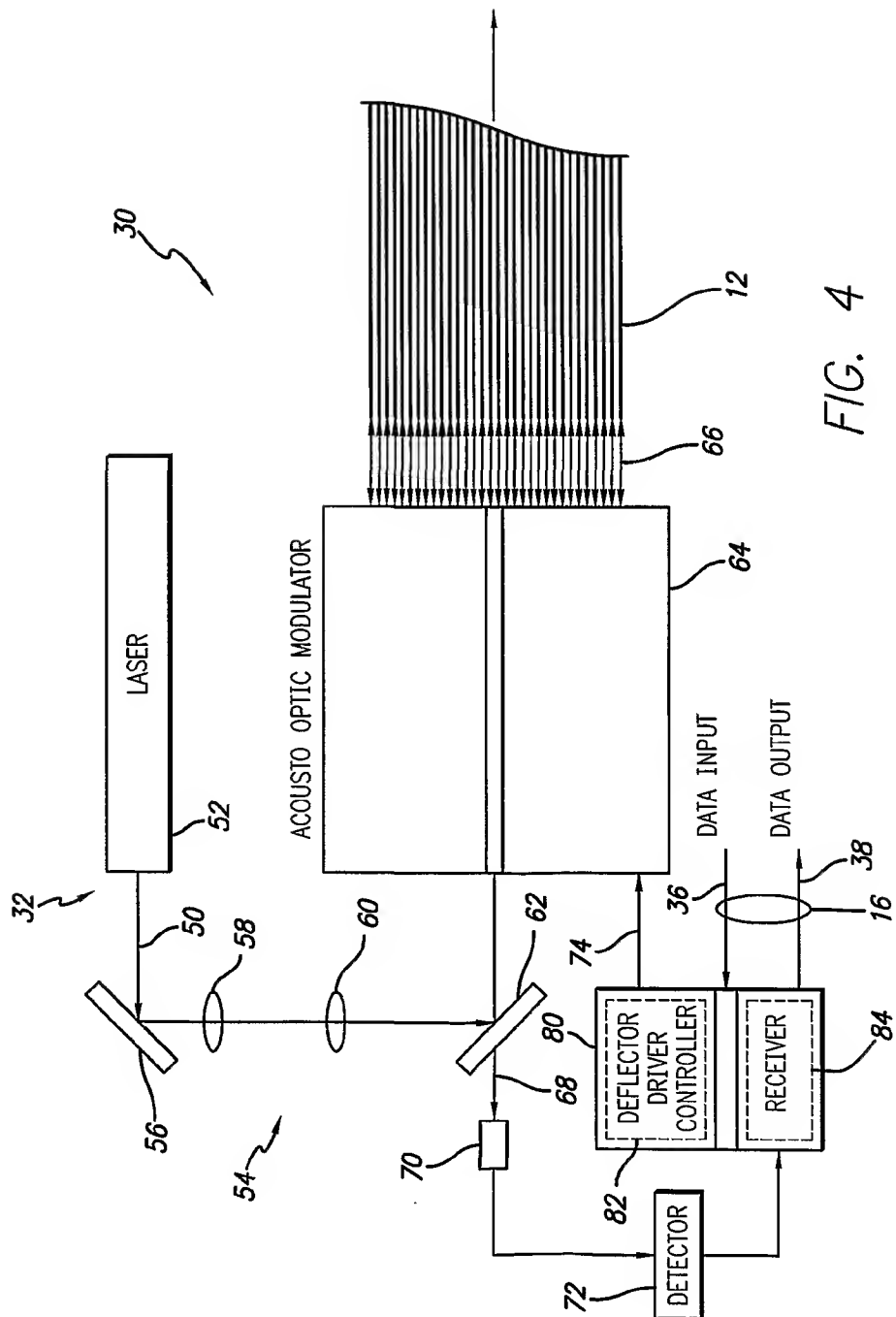
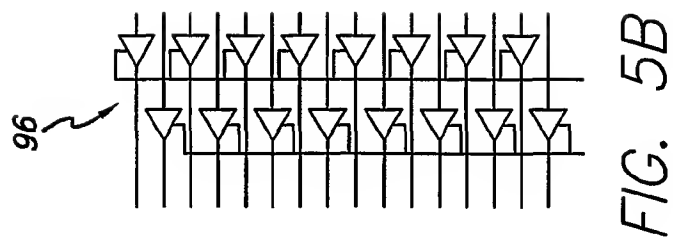
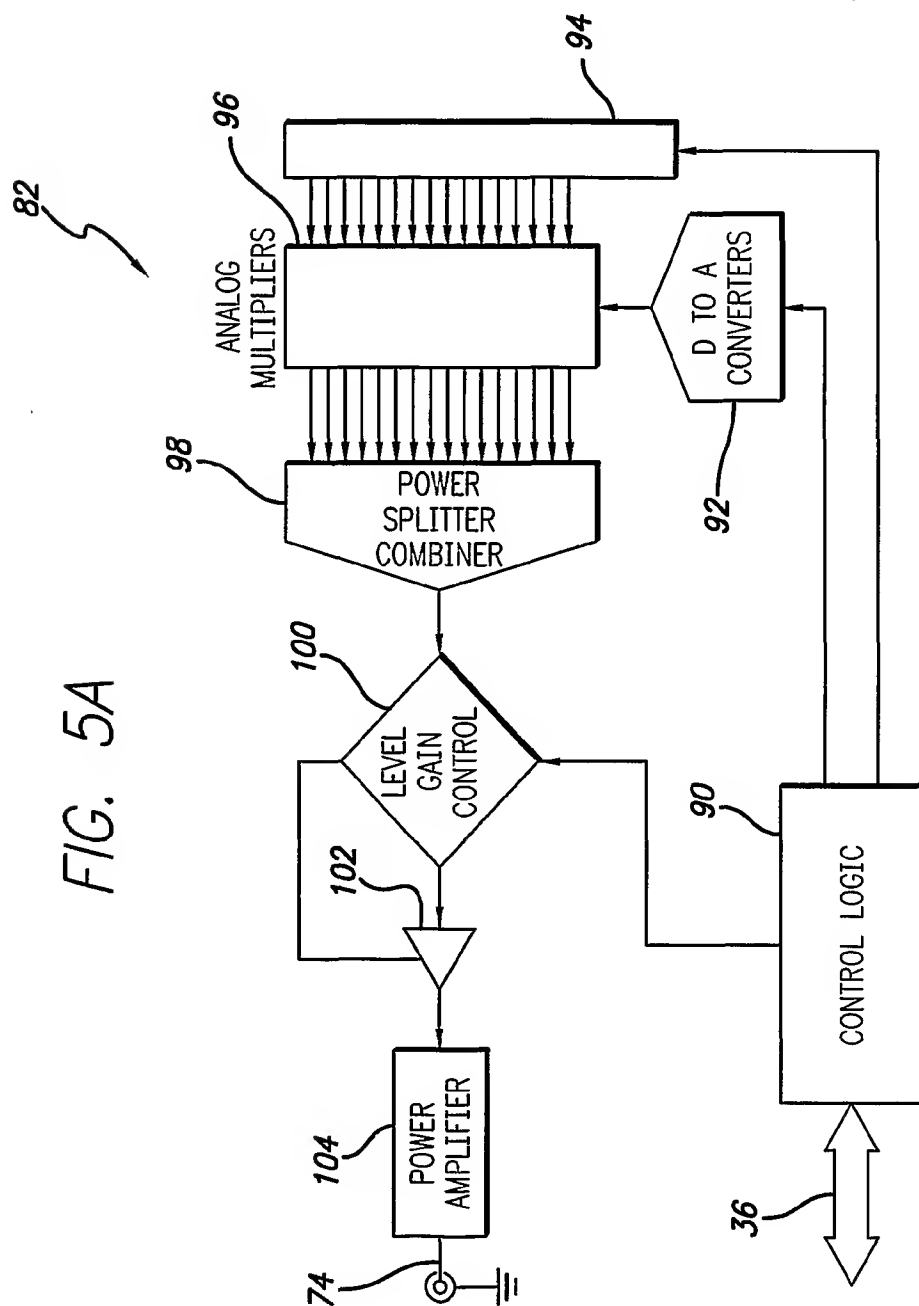


FIG. 4



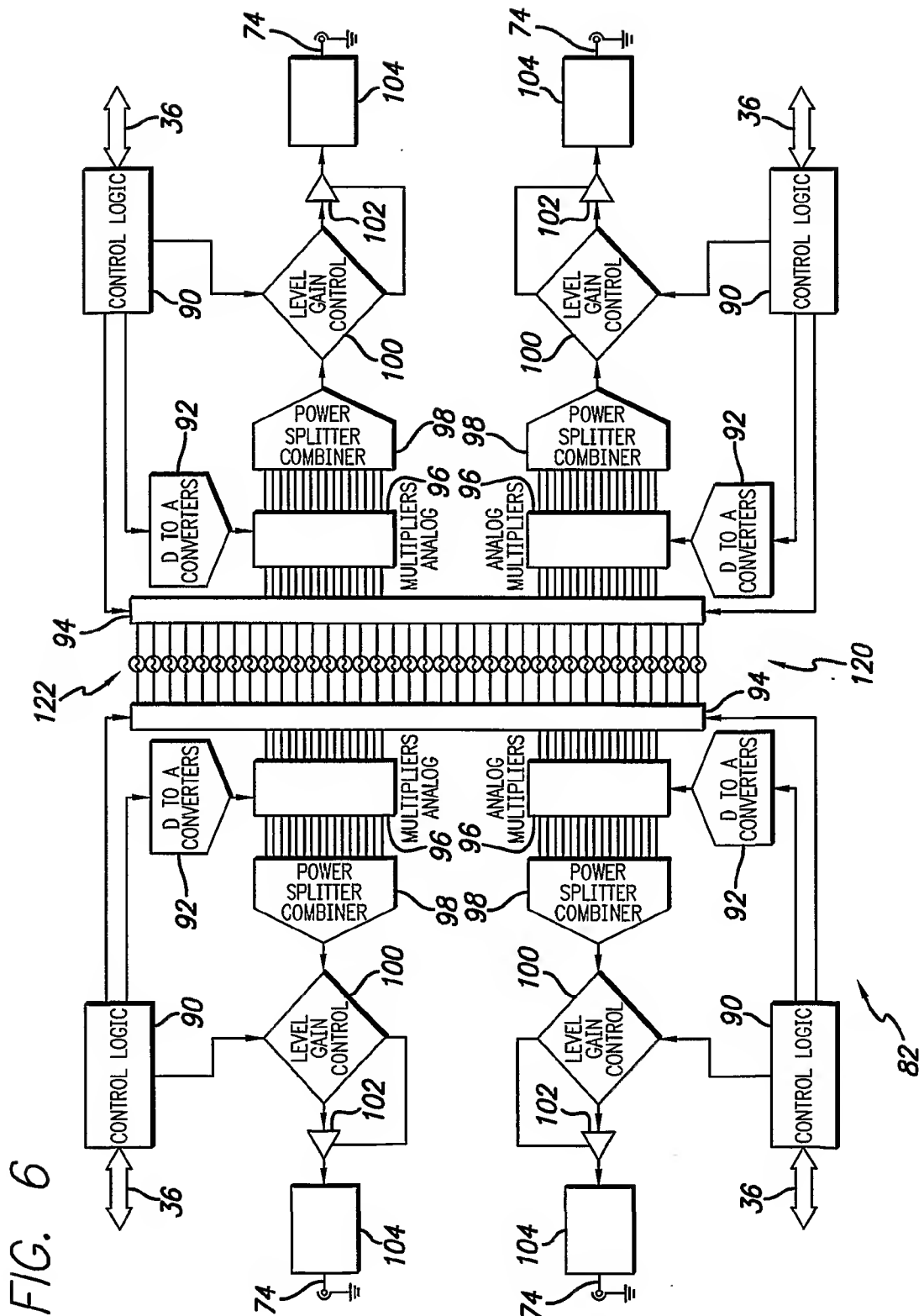
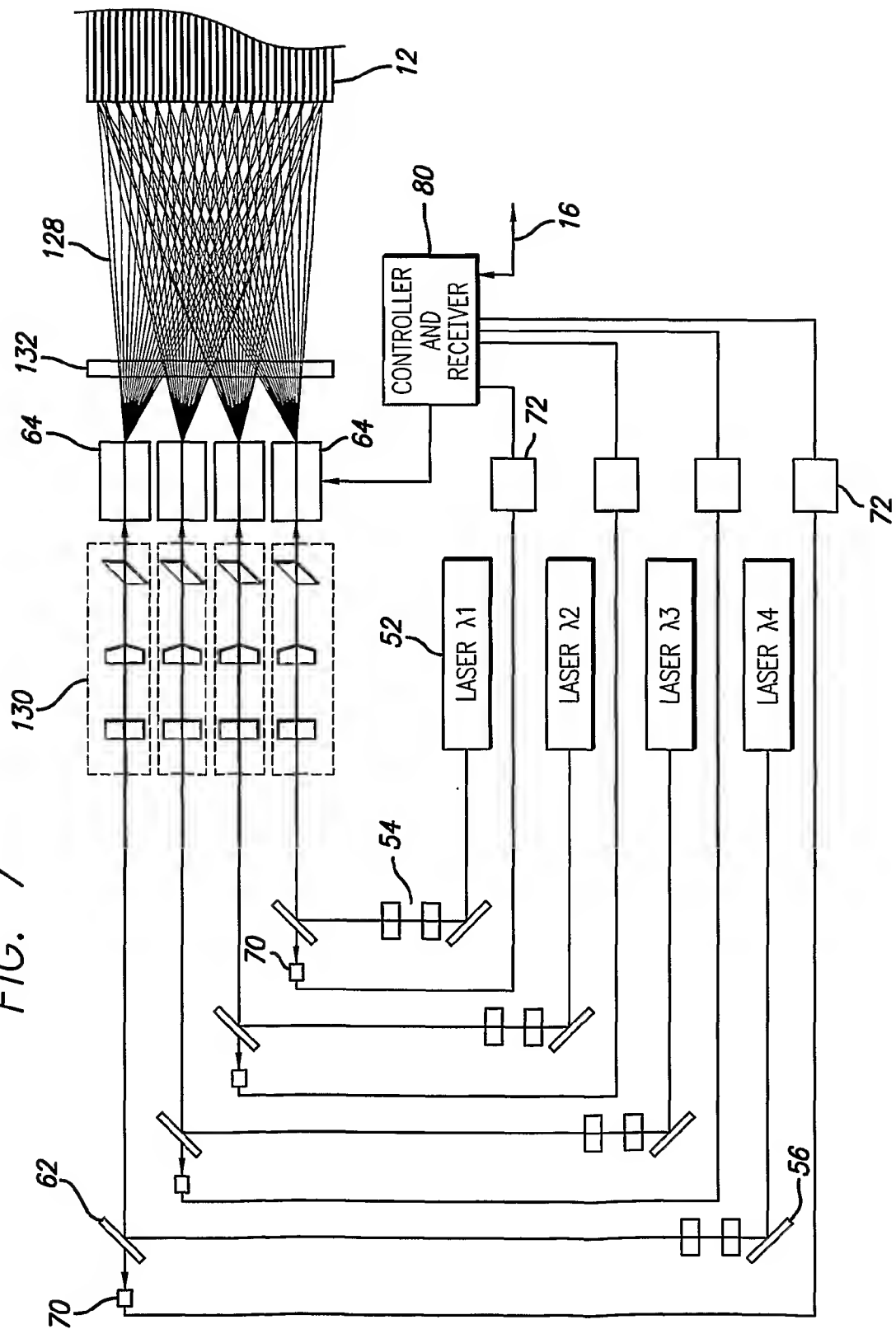


FIG. 7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US01/15482

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC(7) : G02F 1/38; B41J 2/47; H04B 10/04

US CL : 359/181, 305; 347/115

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 359/181, 305; 347/115

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
NONE

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EAST, WEST, acousto-optic modulator, deflector

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X ----- Y	US 5,890,789 A (INAGAKI et al) 06 April 1999, Figs. 2-4, col. 7, lines 62-67, col. 8, lines 1-40.	1-7, 16-20 ----- 8-15
X ----- Y	US 5,767,887 A (WARNER et al) 16 JUNE 1998, Fig. 2, col. 4, lines 52-67, col. 5, lines 65-67, col. 6, lines 1-15.	1-7, 16-20 ----- 8-15
X ----- Y	US 5,146,358 A (BROOKS) 08 September 1992, Fig. 4, col. 7, lines 45-67, col. 8, lines 1-24.	1-7, 16-20 ----- 8-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"G" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 SEPTEMBER 2001	Date of mailing of the international search report 24 OCT 2001
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-8230	Authorized officer For LESLIE PASCAL Telephone No. (703) 305-4700

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
25 July 2002 (25.07.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/057838 A2**

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **G02F**
- (21) International Application Number: PCT/US01/45085
- (22) International Filing Date: 24 October 2001 (24.10.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
60/244,075 27 October 2000 (27.10.2000) US
- (63) Related by continuation (CON) or continuation-in-part (CIP) to earlier application:  
US Not furnished (CON)  
Filed on Not furnished
- (71) Applicant (for all designated States except US): **ADVANCED LASER TECHNOLOGIES, INC.** [US/US];  
40 West Easy Street, Suite 3, Simi Valley, CA 93065 (US).
- (72) Inventors; and
- (75) Inventors/Applicants (for US only): **CONEMAC, Donald, C.** [US/US]; 2165 Rudolph Drive, Simi Valley, CA 93065 (US). **FORD, Eric, Harlem** [US/US]; 3957 Hampstead Road, La Canada, CA 91011 (US).
- (74) Agent: **HENTY, David, L.**; Myers, Dawes & Andras LLP, Suite 1150, 19900 MacArthur Blvd., Irvine, CA 92612 (US).
- (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:**  
— without international search report and to be republished upon receipt of that report
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.



**WO 02/057838 A2**

(54) Title: LIGHT BEAM DISPLAY WITH INTERLACED LIGHT BEAM SCANNING

(57) Abstract: A light beam display employing interlaced light beam scanning comprising a display screen (206) having a vertical and a horizontal dimension, a source of a plurality of light beams (200, 300) and an optical path including a movable reflector (32) having a plurality of reflective facets (34) between the display screen (206) and the light beam source. The movable reflector (32) directs the plural light beams (202, 302) to the display screen (206) via one or more facets of the movable reflector (32) to simultaneously illuminate plural different scan lines of the display which are spaced apart by plural non-illuminated scan lines. An optical mechanical element (216, 316) is provided for vertically shifting the light beams so as to illuminate different scan lines of the display screen.



## LIGHT BEAM DISPLAY WITH INTERLACED LIGHT BEAM SCANNING

### RELATED APPLICATION INFORMATION

5

The present application claims priority under 35 USC 119 (e) to provisional application serial no. 60/244,075 filed October 27, 2000, the disclosure of which is incorporated herein by reference.

### 10 BACKGROUND OF THE INVENTION

#### 1. Field of the Invention

15 The present invention relates to displays and methods of displaying video information. More particularly, the present invention relates to light beam displays and methods of scanning light beams to display video information.

#### 2. Description Of The Prior Art And Related Information

20 High resolution displays have a variety of applications, including computer monitors, HDTV and simulators. In such applications, the primary considerations are resolution, maximum viewable area, cost and reliability. Although a number of approaches have been employed including CRT displays, rear projection and front projection displays, plasma displays and LCDs, none of these have been able to  
25 satisfactorily provide all the above desirable characteristics. In other display applications, such as control panel displays, and vehicle and aircraft on-board displays, resolution is of less importance than brightness, compact size and reliability.

30 Although light beam based displays such as light emitting diode or laser beam displays potentially can provide many advantages for displays of both types noted above, such displays have not been widely employed. This is due in large part to limitations in the ability to scan the light beam over the display screen with the needed accuracy. One conventional approach to scanning a laser beam  
35 employs a rotating mirror to scan the laser beam in a linear direction as the mirror rotates. Typically, the mirror is configured in a polygon shape with each side

corresponding to one scan length of the laser beam in the linear direction. A vertical shifting of the beam may typically be provided by a second mirror to provide a two dimensional scanning such as is needed for a display application.

5           An example of such a rotating polygon laser beam XY scanner is illustrated in Figure 1. The prior art laser beam scanning apparatus shown in Figure 1 employs a polygon shaped mirror 1 which receives a laser beam provided by laser 2 and deflects the laser beam in a scanning direction X as the polygon 1 rotates. A second mirror 3 is configured to shift the beam vertically in the Y direction so as to  
10 scan consecutive horizontal lines. The two mirrors thus scan the full X direction and full Y direction, respectively. It will be appreciated by those skilled in the art that as the size of the display and the resolution of the display increase it becomes extremely difficult to maintain the needed precise alignment of the two moving mirrors. Various types of distortion can result which are unacceptable for high  
15 resolution applications such as HDTV. These factors present serious problems for providing a commercially acceptable scanned laser or light beam display.

          Accordingly, a need presently exists for a scanned light beam display which can provide accurate scanning in both horizontal and vertical directions.  
20 Furthermore, a need presently exists for such a display which does not add unduly to the costs of the display.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

25           In a first aspect, the present invention provides a light beam display comprising a display screen having a vertical and a horizontal dimension, a source of a plurality of light beams and an optical path including a movable reflector having a plurality of reflective facets between the display screen and the light beam source. The movable reflector directs the plural light beams to the display  
30 screen via one or more facets of the movable reflector to simultaneously illuminate plural different scan lines of the display which are spaced apart by plural non-illuminated scan lines. An optical mechanical element is provided for vertically shifting the light beams so as to illuminate different scan lines of the display

screen. This interlacing of the horizontal scan lines allows the amount of vertical shifting to be minimized allowing very accurate scanning of the entire display area.

Preferably, the movable reflector is a rotatable polygon and the light beam display further comprises a motor for rotating the polygon at a predetermined angular speed thereby bringing successive facets into the optical path so as to intercept the plural light beams. The light beam source preferably comprises a first plurality of light emitting diodes configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column. The array may have three columns wherein each column corresponds to a light beam source having a primary color. In one preferred embodiment, employing two panels illuminated on the display screen, the light beam source may further comprise a second plurality of light emitting diodes configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column and wherein the optical path directs the plural light beams to the display screen via respective first and second facets of the movable reflector to simultaneously illuminate different horizontal regions, or panels, of the display. The optical mechanical element may comprise a galvanometer or piezo electric device coupled to a second movable reflector.

In a further aspect the present invention provides a light beam display comprising an input for receiving video data, the video data including a plurality of horizontal lines of display information, a display screen, a first plurality of light beam sources configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column, and a second plurality of light beam sources configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column. A memory stores a plurality of horizontal lines of video data and a control circuit simultaneously activates the light beam sources in accordance with video data from plural horizontal lines stored in said memory, such that each of the activated horizontal lines is spaced apart by plural unactivated horizontal lines. First and second optical paths are provided between the display screen and the first and second plurality of light beam sources, respectively, each comprising a first movable reflector having a plurality of reflective facets and a second movable reflector, for directing the

simultaneously activated plural beams to the display screen. The first movable reflector may be shared for the two optical paths and horizontally scans the first and second plurality of light beams. The second movable reflector of each path vertically scan the first and second plurality of light beams so as to sequentially  
5 scan all the horizontal lines.

In a further aspect the present invention provides a method of displaying information on a display screen employing a plurality of light beams. The method comprises directing a plurality of light beams to the display screen and scanning  
10 the plurality of light beams in a first direction to simultaneously trace out a first plurality of parallel scan lines on the display screen, the first plurality of parallel scan lines being spaced apart in a second direction. For example, 32 parallel scan lines spaced apart by 8 lines may be provided. The method further comprises shifting the plurality of light beams in the second direction and then again scanning  
15 the plurality of light beams in the first direction to simultaneously trace out a second plurality of parallel scan lines on the display screen, the second plurality of parallel scan lines being spaced apart in the second direction and interlaced with the first plurality of parallel scan lines. The method comprises repeating the shifting and scanning to trace out a third plurality of parallel scan lines on the  
20 display screen, the third plurality of parallel scan lines being spaced apart in the second direction and interlaced with said first and second plurality of parallel scan lines. The entire display screen is illuminated by sequentially repeating the shifting and scanning a plurality of times. For example, for a spacing of 8 scan lines the shifting and scanning are performed 8 times. The display screen may have a  
25 generally rectangular configuration and the first direction corresponds to the horizontal dimension of the screen and the second direction corresponds to the vertical dimension of the screen. The horizontal direction may be divided into panels scanned by separate beam sources.

30 Further aspects of the present invention will be appreciated by the following detailed description of the invention.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 is a top schematic view of a prior art laser scanning apparatus.

5        Figure 2A and Figure 2B are schematic drawings of a light beam display in accordance with a preferred embodiment of the present invention.

Figure 3 is a schematic drawing of a scan pattern in accordance with the operation of the light beam display of the present invention.

10

Figures 4A-4H are schematic drawings of a scan pattern provided in accordance with a preferred mode of operation of the light beam display of the present invention.

15

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Referring to Figure 2A and Figure 2B, a preferred embodiment of the light beam display of the present invention is illustrated in a schematic drawing illustrating the basic structure and electronics of the embodiment. The dimensions of the structural components and optical path are not shown to scale in Figure 2B, and the specific dimensions and layout of the optical path will depend upon the specific application. The light beam sources, multi-faceted polygon and other optics, and the display electronics may employ the teachings of the U.S. Patent Application Serial No. 09/169,163 filed October 8, 1998, now US Patent No. 6,175,440, issued January 16, 2001, the disclosure of which is incorporated herein by reference. The teachings of U.S. Patent No. 6,008,925 issued December 28, 1999; U.S. Patent No. 5,646,766 issued July 8, 1997 and U.S. Patent No. 5,166,944 issued November 24, 1992; the disclosures of which are incorporated herein by reference, may also be employed. Accordingly, the following will not describe in detail all aspects of the display and reference may be made to the above noted patents for additional details.

The display of Figure 2A and Figure 2B includes a first source 200 of a plurality of light beams 202, which plural beams may include beams of different

frequencies/colors as discussed in detail below, and a first optical path for the light beams between the light source 200 and a display screen 206. A second source 300 of a plurality of beams 302 is also provided, with a generally parallel second optical path to display screen 206. The beam activation is controlled by control electronics 220 in response to video data from source 100, in a manner described in more detail below. As one example of a presently preferred embodiment, the light sources 200, 300 may each comprise a rectangular array of light emitting diodes having a plurality of rows and at least one column. A monochrome display may have a single column for each diode array whereas a color display may have 3 or more columns. In particular, additional columns may be provided for light intensity normalization. For example, two green columns could be provided where green diodes provide lower intensity light beams than red and blue diodes. A color array thus provides the 3 primary colors for each row. The number of rows corresponds to the number of parallel scan lines traced out on the display screen 206 by each diode array. For example, 32 rows of diodes may be employed. Each two-dimensional diode array 200, 300 may thus provide from 1 to 96 separate light beams 202, 302 simultaneously (under the control of control electronics 220, providing a scan pattern as discussed below). The number of light sources (such as LEDs or fibers) per delivery head 200, 300 may vary depending on the resolution requirements. Other sources of a plurality of light beams may also be employed. For example, a single beam may be split into a plurality of independently modulated beams using an AOM modulator, to thereby constitute a source of a plurality of beams. Such an approach for creating plural beams using an AOM modulator is described in U.S. Patent No. 5,646,766, incorporated hereby by reference.

The light beam display includes a first movable reflector for horizontal scanning, preferably comprising a multifaceted polygon reflector 32. The numbers of facets on the polygon may correspond to the spacing between simultaneously scanned horizontal lines but may vary depending on the resolution requirements. The polygon shaped reflector 32 is preferably coupled to a variable speed motor which provides for high speed rotation of the reflector 32 such that successive flat reflective facets 34 on the circumference thereof are brought into reflective contact

with the light beams. The rotational speed of the reflector 32 is monitored by an encoder (not shown) which in turn provides a signal to motor control circuit 36 which is coupled to the control electronics 220. The motor control circuitry, power supply and angular velocity control feedback may employ the teachings in the  
5 above noted U.S. Patent No. 5,646,766. Although a polygon shaped multi-faceted reflector 32 is presently preferred, it will be appreciated that other forms of movable multi-sided reflectors may also be employed to consecutively bring reflective flat surfaces in reflective contact with the light beams. Such alternate reflectors may be actuated by any number of a wide variety of electromechanical  
10 actuator systems, including linear and rotational motors, with a specific actuator system chosen to provide the desired speed of the facets for the specific application. A vertical optical-mechanical device or element 216, 316 for each set of beams 202, 302 provides vertical shifting of the beams under the control of circuitry 38 and control electronics 220. The vertical optical-mechanical device or  
15 element 216, 316 may comprise a second movable reflector for each of beams 202, 302. For example, a galvanometer actuated reflector may be employed. Other optical mechanical devices or elements may also be employed, including known piezo electric elements. In an alternate embodiment, vertical shifting of the beams may be provided by tilting the facets on reflector 32. Suitable modifications  
20 for such an embodiment will be appreciated from the disclosures of the '440 patent and '075 application incorporated herein by reference.

The optical path for beams 202, 302 from each light beam source 200, 300 is configured such that the light beams intercept the rotating polygon 32 in a  
25 manner so as to provide a desired scan range across display screen 206 as the polygon rotates and such that the vertical displacement of the lines is accomplished using the optical mechanical element 216, 316 for each optical path. The optical paths will depend on the specific application and as illustrated may comprise collimating optics 208, 308 and projection optics 210, 310 respectively  
30 provided for light beams 202, 302 so as to focus the beams with a desired spot size on display screen 206. Also, the optical paths may employ common (or separate) reflective optical element 212 to increase the path length. Each of collimating optics 208, 308 and projection optics 210, 310 may comprise one or

more lenses and one or more reflectors. In the particular illustrated embodiment, collimating optics for the first beam path comprises mirror 222, lens 224, lens 226, lens 228, mirror 230, and lens 232. Collimating optics for the second beam path comprises mirror 322, lens 324, lens 326, lens 328, mirror 330, and lens 332.

5 Collimating optics 208, 308 provide the collimated beams to first vertical optical mechanical element 216 and second optical mechanical element 316, respectively, which may comprise movable reflectors as described above. The beams for the first beam path are then provided, via polygon 32, to projection optics 210 which may comprise lens 236 and mirror 238, which provide the beams

10 to mirror 212 and then to the display screen 206. The beams for the second beam path are in turn provided, via a different facet of polygon 32, to projection optics 310 which may comprise lens 336 and mirror 338, which provide the beams to mirror 212 and then to the display screen 206.

15 It will be appreciated that a variety of modifications to the optical path and optical elements illustrated in Figure 2B are possible. For example, additional optical elements may be provided to increase the optical path length or to vary the geometry to maximize scan range in a limited space application. Alternatively, the optical path may not require any path extending elements such as reflective

20 element 212 in an application allowing a suitable geometry of beam sources 200, 300, reflector 32 and screen 206. Similarly, additional focusing or collimating optical elements may be provided to provide the desired spot size for the specific application. In other applications the individual optical elements may be combined for groups of beams less than the entire set of beams in each path. For example,

25 all the diodes in a single row of a diode array may be focused by one set of optical collimating elements. In yet other applications, the focusing elements may be dispensed with if the desired spot size and resolution can be provided by the light beams emitted from the diode arrays 200, 300 itself. The screen 206 in turn may be either a reflective or transmissive screen with a transmissive diffusing screen

30 being presently preferred due to the high degree of brightness provided.

As further illustrated schematically in Figure 2A and Figure 2B and Figure 3, which illustrates a scan pattern at one vertical position, the optical paths provide



the plurality of light beams 202, 302 simultaneously on respective facets 34 of the rotating reflector 32 to illuminate two panels of screen 206. In particular, plural beams 202 are simultaneously directed to respective spots or pixels on a first panel or section 240 of display 206 via a first facet. Plural beams 302 are in turn  
5 simultaneously directed to a different set of pixels on a second panel or section 340 of display 206 via a second facet. To provide a seamless image an overlap region 242 may be provided. A plurality of beams from a light source 200 or 300 may also simultaneously illuminate a single pixel. In particular, in a color display all three diodes in a single row of the diode array may simultaneously illuminate a  
10 single pixel. Even in a monochrome display application plural beams may be combined at a single pixel to provide increased brightness. This combination of plural beams to a pixel is implied by the beams illustrated generally in Figure 3 being directed to display 206, each of which preferably includes plural distinct component beams of different frequency or color. The specific manner in which  
15 the beams 202, 302 trace out the video data on the screen 206 is shown in Figures 4A-H.

Figures 4A-H are a sequential illustration of the light beam scan pattern and scanning method provided by the display. Each facet scans a portion of the entire  
20 vertical field (32 lines per facet evenly spaced at 8 horizontal lines in this illustrated example). Each of Figures 4A-4H represents a new vertical scan position, each comprising plural horizontal scan lines (e.g., 32 as illustrated) scanned by a new facet. The vertical displacement of the lines is accomplished using the respective optical mechanical element 216, 316 for each panel 240, 340. For the illustrated 8  
25 line spacing, the vertical shifting covers only 8 lines. A memory in control electronics 220 stores the plurality of horizontal lines of video data for the entire vertical display. A control circuit in control electronics 220 simultaneously activates the light beam sources in accordance with the video data from plural horizontal lines stored in the memory for a given vertical position, such that each of the  
30 activated horizontal lines is spaced apart by plural unactivated horizontal lines as illustrated in each of Figures 4A-H. The entire display screen is illuminated by sequentially repeating the vertical shifting and horizontal scanning a plurality of times as shown in Figures 4A-H. That is, Figures 4A-H cumulatively represent the

entire vertical display information. The benefit of this new scan pattern is the very small amount of movement required by the optical mechanical elements 216, 316, e.g., a galvanometer, which enables the horizontal lines to be very straight. It will be appreciated that the choice of spacing between simultaneously scanned horizontal lines (i.e.,  $n=8$ ) in the illustration and the number of simultaneously scanned horizontal lines (i.e., 32) is simply one example and these numbers may be varied for the specific display application.

Some or all of these scanning advantages may also obtain for other applications. Therefore, the interlaced beam scanning optics and scan pattern described herein may be employed for applications other than a display, which require accurate scanning of a light beam.

While the foregoing detailed description of the present invention has been made in conjunction with specific embodiments, and specific modes of operation, it will be appreciated that such embodiments and modes of operation are purely for illustrative purposes and a wide number of different implementations of the present invention may also be made. Accordingly, the foregoing detailed description should not be viewed as limiting, but merely illustrative in nature.

20

## WHAT IS CLAIMED IS:

1. A light beam display, comprising:
  - a display screen having a vertical and a horizontal dimension;
  - 5 a source of a plurality of light beams;
  - an optical path including a movable reflector having a plurality of reflective facets between the display screen and the light beam source for directing said plural light beams to the display screen via one or more facets of the movable reflector to simultaneously illuminate plural different scan lines of the display,
  - 10 wherein said simultaneously illuminated scan lines are spaced apart by plural non-illuminated scan lines; and
  - an optical mechanical element for vertically shifting the light beams so as to illuminate different scan lines of the display screen.
2. A light beam display as set in claim 1, wherein the movable reflector  
15 is a rotatable polygon and wherein the light beam display further comprises a motor for rotating the polygon at a predetermined angular speed thereby bringing successive facets into the optical path so as to intercept the plural light beams.
3. A light beam display as set in claim 1, wherein the light beam source  
20 comprises a first plurality of light emitting diodes configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column.
4. A light beam display as set out in claim 3, wherein the array has three columns and wherein each column corresponds to a light beam source having a primary color.
5. A light beam display as set out in claim 3, wherein the light beam  
25 source further comprises a second plurality of light emitting diodes configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column and wherein the light beam display further comprises control means for simultaneously activating said first and second plurality of diodes and wherein said optical path directs said simultaneously activated plural light beams to the display screen via respective  
30 first and second facets of the movable reflector to simultaneously illuminate different horizontal regions of the display.

6. A light beam display as set out in claim 5, wherein the light beam sources comprise arrays of red, blue and green semiconductor diodes.

7. A light beam display as set out in claim 1, wherein the optical mechanical element comprises a second movable reflector.

5 8. A light beam display as set out in claim 7, wherein the optical mechanical element further comprises a galvanometer coupled to the second movable reflector.

9. A light beam display as set out in claim 1, wherein the optical mechanical element comprises a piezo electric device.

10 10. A light beam display, comprising:  
an input for receiving video data, the video data including a plurality of horizontal lines of display information;  
a display screen;  
a first plurality of light beam sources configured in an array comprising a  
15 plurality of rows and at least one column;  
a second plurality of light beam sources configured in an array comprising a plurality of rows and at least one column;  
a memory for storing a plurality of horizontal lines of video data;  
a control circuit for simultaneously activating said light beam sources in  
20 accordance with video data from plural horizontal lines stored in said memory, each of said activated horizontal lines being spaced apart by plural unactivated horizontal lines ; and  
first and second optical paths between the display screen and the first and second plurality of light beam sources, respectively, comprising a first movable  
25 reflector having a plurality of reflective facets and a second movable reflector for each path, for directing said simultaneously activated plural beams to the display screen, wherein the first movable reflector horizontally scans the first and second plurality of light beams and the second movable reflector of each path vertically scans the first and second plurality of light beams, respectively, so as to  
30 sequentially scan all the horizontal lines.

11. A light beam display as set in claim 10, wherein the first movable reflector is a rotatable polygon and wherein the light beam display further comprises a motor for rotating the polygon at a predetermined angular speed thereby bringing respective facets into the optical path so as to intercept the plural  
5 light beams.

12. A light beam display as set in claim 10, wherein each of the arrays of light beam sources have plural columns which correspond to a different color of light.

13. A light beam display as set out in claim 10, wherein each  
10 simultaneously scanned horizontal line is spaced apart by 8 lines.

14. A light beam display as set out in claim 10, wherein the plurality of light beam sources comprise light emitting diodes.

15. A light beam display as set out in claim 10, wherein each array comprises 32 rows of light emitting diodes and 32 lines are simultaneously  
15 scanned horizontally.

16. A method of displaying information on a display screen employing a plurality of light beams, comprising:  
directing a plurality of light beams to the display screen;  
scanning the plurality of light beams in a first direction to simultaneously  
20 trace out a first plurality of parallel scan lines on the display screen, the first plurality of parallel scan lines being spaced apart in a second direction;  
shifting the plurality of light beams in the second direction;  
scanning the plurality of light beams in the first direction to simultaneously trace out a second plurality of parallel scan lines on the display screen, the second  
25 plurality of parallel scan lines being spaced apart in the second direction and interlaced with said first plurality of parallel scan lines; and  
repeating said shifting and scanning to trace out a third plurality of parallel scan lines on the display screen, the third plurality of parallel scan lines being spaced apart in the second direction and interlaced with said first and second  
30 plurality of parallel scan lines.

17. A method as set out in claim 16, wherein said display screen has a generally rectangular configuration and wherein said first direction corresponds to the horizontal dimension of said screen and said second direction corresponds to the vertical dimension of said screen.

5 18. A method as set out in claim 17, wherein the entire display screen is illuminated by sequentially repeating the shifting and scanning a plurality of times.

19. A method as set out in claim 17, wherein the parallel scan lines comprises 32 scan lines.

10 20. A method as set out in claim 18, wherein the parallel scan lines are separately provided in two horizontal panels.

1/7

FIG. 1  
PRIOR ART

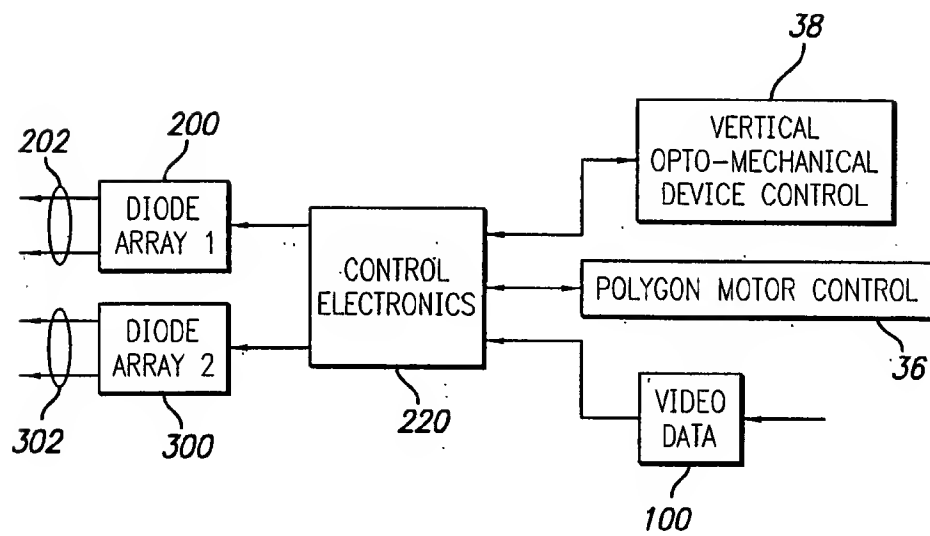
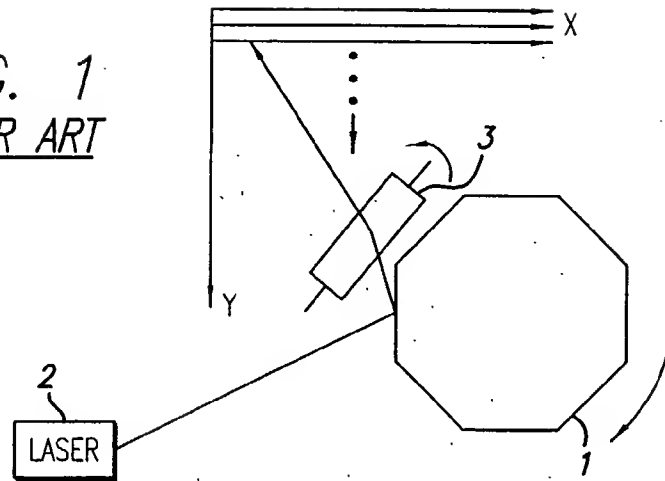
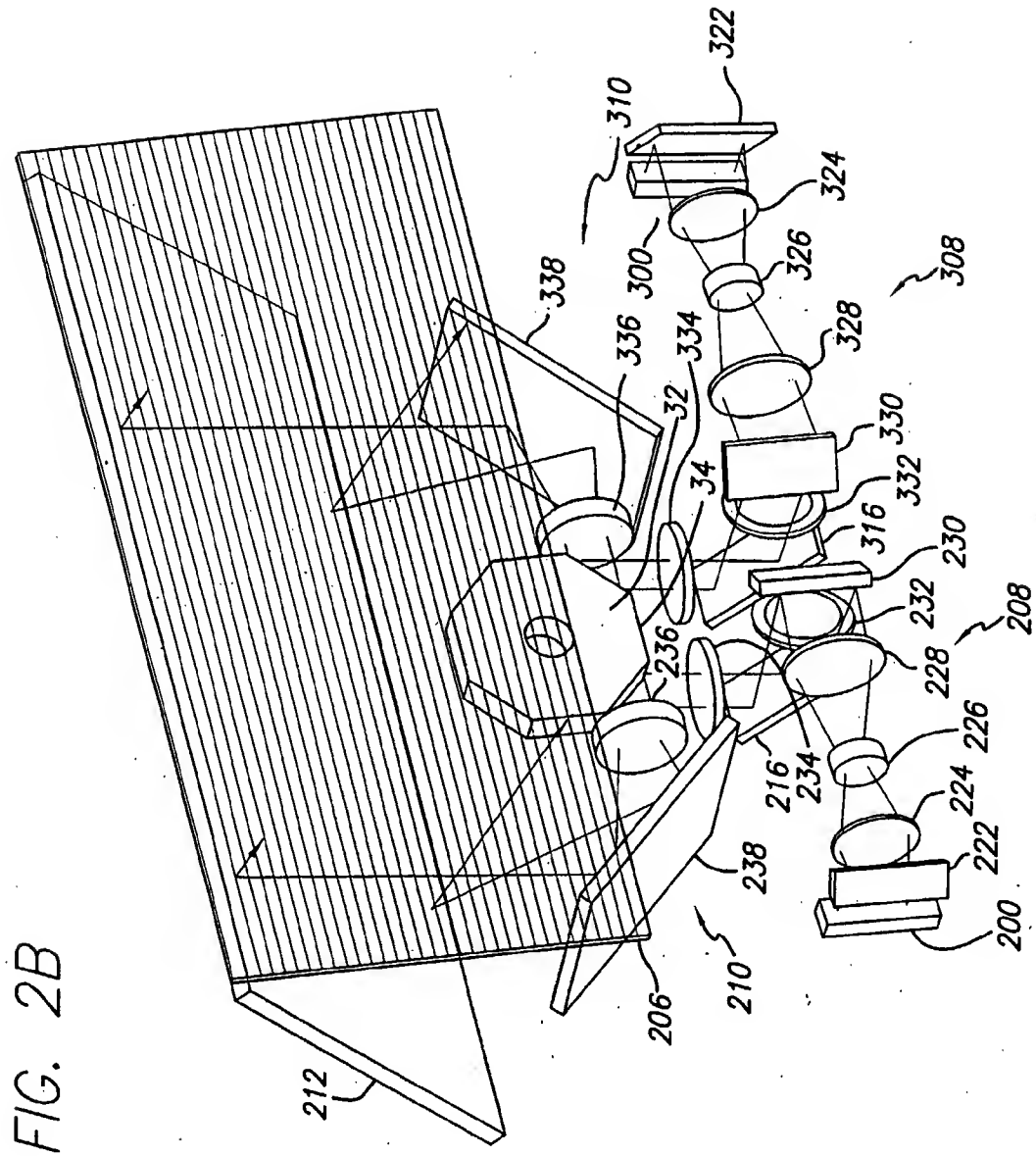


FIG. 2A

2/7





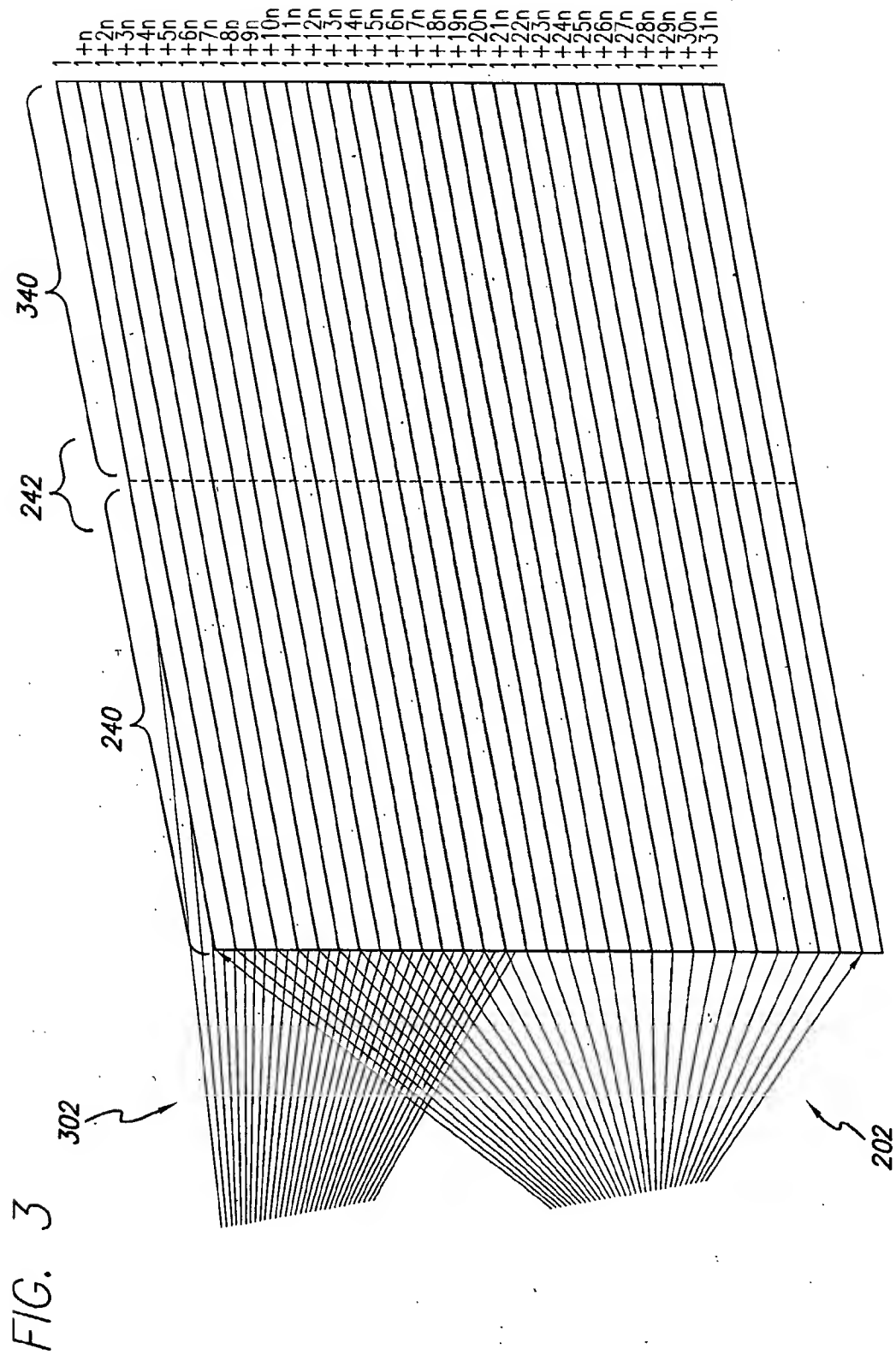


FIG. 4A

240		4/7	340	
1				1
9				1+n
17				1+2n
25				1+3n
33				1+4n
41				1+5n
49				1+6n
57				1+7n
65				1+8n
73				1+9n
81				1+10n
89				1+11n
97				1+12n
105				1+13n
113				1+14n
121				1+15n
129				1+16n
137				1+17n
145				1+18n
153				1+19n
161				1+20n
169				1+21n
177				1+22n
185				1+23n
193				1+24n
201				1+25n
209				1+26n
217				1+27n
225				1+28n
233				1+29n
241				1+30n
249				1+31n

2		2
10		2+n
18		2+2n
26		2+3n
34		2+4n
42		2+5n
50		2+6n
58		2+7n
66		2+8n
74		2+9n
82		2+10n
90		2+11n
98		2+12n
106		2+13n
114		2+14n
122		2+15n
130		2+16n
138		2+17n
146		2+18n
154		2+19n
162		2+20n
170		2+21n
178		2+22n
186		2+23n
194		2+24n
202		2+25n
210		2+26n
218		2+27n
226		2+28n
234		2+29n
242		2+30n
250		2+31n

FIG. 4B

FIG. 4C

5/7

3		3
11		3+n
19		3+2n
27		3+3n
35		3+4n
43		3+5n
51		3+6n
59		3+7n
67		3+8n
75		3+9n
83		3+10n
91		3+11n
99		3+12n
107		3+13n
115		3+14n
123		3+15n
131		3+16n
139		3+17n
147		3+18n
155		3+19n
163		3+20n
171		3+21n
179		3+22n
187		3+23n
195		3+24n
203		3+25n
211		3+26n
219		3+27n
227		3+28n
235		3+29n
243		3+30n
251		3+31n

4		4
12		4+n
20		4+2n
28		4+3n
36		4+4n
44		4+5n
52		4+6n
60		4+7n
68		4+8n
76		4+9n
84		4+10n
92		4+11n
100		4+12n
108		4+13n
116		4+14n
124		4+15n
132		4+16n
140		4+17n
148		4+18n
156		4+19n
164		4+20n
172		4+21n
180		4+22n
188		4+23n
196		4+24n
204		4+25n
212		4+26n
220		4+27n
228		4+28n
236		4+29n
244		4+30n
252		4+31n

FIG. 4D

FIG. 4E

6/7

5		5
13		5+n
21		5+2n
29		5+3n
37		5+4n
45		5+5n
53		5+6n
61		5+7n
69		5+8n
77		5+9n
85		5+10n
93		5+11n
101		5+12n
109		5+13n
117		5+14n
125		5+15n
133		5+16n
141		5+17n
149		5+18n
157		5+19n
165		5+20n
173		5+21n
181		5+22n
189		5+23n
197		5+24n
205		5+25n
213		5+26n
221		5+27n
229		5+28n
237		5+29n
245		5+30n
253		5+31n

6		6
14		6+n
22		6+2n
30		6+3n
38		6+4n
46		6+5n
54		6+6n
62		6+7n
70		6+8n
78		6+9n
86		6+10n
94		6+11n
102		6+12n
110		6+13n
118		6+14n
126		6+15n
134		6+16n
142		6+17n
150		6+18n
158		6+19n
166		6+20n
174		6+21n
182		6+22n
190		6+23n
198		6+24n
206		6+25n
214		6+26n
222		6+27n
230		6+28n
238		6+29n
246		6+30n
254		6+31n

FIG. 4F

FIG. 4G

7/7

7		7
15		7+n
23		7+2n
31		7+3n
39		7+4n
47		7+5n
55		7+6n
63		7+7n
71		7+8n
79		7+9n
87		7+10n
95		7+11n
103		7+12n
111		7+13n
119		7+14n
127		7+15n
135		7+16n
143		7+17n
151		7+18n
159		7+19n
167		7+20n
175		7+21n
183		7+22n
191		7+23n
199		7+24n
207		7+25n
215		7+26n
223		7+27n
231		7+28n
239		7+29n
247		7+30n
255		7+31n

8		8
16		8+n
24		8+2n
32		8+3n
40		8+4n
48		8+5n
56		8+6n
64		8+7n
72		8+8n
80		8+9n
88		8+10n
96		8+11n
104		8+12n
112		8+13n
120		8+14n
128		8+15n
136		8+16n
144		8+17n
152		8+18n
160		8+19n
168		8+20n
176		8+21n
184		8+22n
192		8+23n
200		8+24n
208		8+25n
216		8+26n
224		8+27n
232		8+28n
240		8+29n
248		8+30n
256		8+31n

FIG. 4H

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
25 July 2002 (25.07.2002)

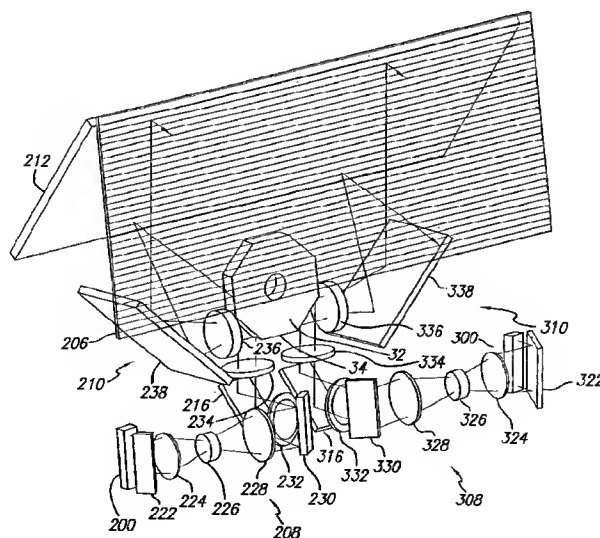
PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/057838 A3

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: G09G 3/00, H04N 5/74
- (21) International Application Number: PCT/US01/45085
- (22) International Filing Date: 24 October 2001 (24.10.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
60/244,075 27 October 2000 (27.10.2000) US
- (63) Related by continuation (CON) or continuation-in-part (CIP) to earlier application:  
US Not furnished (CON)  
Filed on Not furnished
- (71) Applicant (for all designated States except US): ADVANCED LASER TECHNOLOGIES, INC. [US/US]; 40 West Easy Street, Suite 3, Simi Valley, CA 93065 (US).
- (72) Inventors; and  
(75) Inventors/Applicants (for US only): CONEMAC, Donald, C. [US/US]; 2165 Rudolph Drive, Simi Valley, CA 93065 (US). FORD, Eric, Harlem [US/US]; 3957 Hampstead Road, La Canada, CA 91011 (US).
- (74) Agent: HENTY, David, L.; Myers, Dawes & Andras LLP, Suite 1150, 19900 MacArthur Blvd., Irvine, CA 92612 (US).
- (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,

[Continued on next page]

(54) Title: LIGHT BEAM DISPLAY WITH INTERLACED LIGHT BEAM SCANNING



(57) Abstract: A light beam display employing interlaced light beam scanning comprising a display screen (206) having a vertical and a horizontal dimension, a source of a plurality of light beams (200, 300) and an optical path including a movable reflector (32) having a plurality of reflective facets (34) between the display screen (206) and the light beam source. The movable reflector (32) directs the plural light beams (202, 302) to the display screen (206) via one or more facets of the movable reflector (32) to simultaneously illuminate plural different scan lines of the display which are spaced apart by plural non-illuminated scan lines. An optical mechanical element (216, 316) is provided for vertically shifting the light beams so as to illuminate different scan lines of the display screen.

WO 02/057838 A3



IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(88) Date of publication of the international search report:**  
31 October 2002

**Published:**

- *with international search report*
- *before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments*

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US01/45085

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC(7) : G09G 3/00; H04N 5/74

US CL : 345/31, 32, 108, 110; 349/57, 62; 359/204, 212, 216, 218

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 345/31, 32, 108, 110; 349/57, 62; 359/204, 212, 216, 218

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
Please See Continuation Sheet**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,646,766 A (CONEMAC) 08 July 1997 (08.07.1997), figures 2 and 8, column 5, lines 13-54, column 6, lines 9-33, column 13, lines 36-44, column 15, lines 1-5.	1-3, 7, 9 and 16-19
---		-----
Y		4, 8
Y	US 5,715,021 A (GIBEAU et al) 03 February 1998 (03.02.1998), figure 4, abstract, column 11, lines 40-50.	4, 8
A	US 5,874,929 A (OPOWER et al) 23 February 1999 (23.02.1999) figures 6 and 11.	5, 6, 10-15 and 20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

26 July 2002 (26.07.2002)

Date of mailing of the international search report

28 AUG 2002

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

Jimmy H. Nguyen

Telephone No. (703) 305-5422



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US01/45085

## Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:

TOOL: EAST; DATABASES: US, EPO, JPO, DERWENT, IBM\_TDB; SEARCH TERMS: display, monitor, optical, movable, rotatable, reflective, reflector, scan line, scanning line, motor, light emitting diode, polygon, galvanometer, piezo electric, light source.

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
7 February 2002 (07.02.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/11173 A1**

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **H01J 33/00**, 1/62

(21) International Application Number: PCT/US01/23665

(22) International Filing Date: 27 July 2001 (27.07.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
60/221,414 28 July 2000 (28.07.2000) US

(71) Applicants (for all designated States except US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO.OHG** [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regensburg (DE). **SYMYX TECHNOLOGIES INC.** [US/US]; 3100 Central Expressway, Santa Clara, CA 95051 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **DANIELSON, Earl** [US/US]; 3840 Corina Way, Palo Alto, CA 94303 (US). **ELLENS, Andries** [NL/DE]; Hofangerstrasse 133, 81735 München (DE). **JERMANN, Frank** [DE/DE];

Rotkäppchenstrasse 98, 81739 München (DE). **ROSSNER, Wolfgang** [DE/DE]; Dekan-Imminger-Strasse 25, 83607 Holzkirchen (DE). **DEVENNEY, Martin** [US/US]; Apartment #3, 1957 California Street, Mountain View, CA 94040 (US). **GIAQUINTA, Daniel** [US/US]; Apartment #915, 395 Ano Nuevo Avenue, Sunnyvale, CA 94086 (US). **KOBUSCH, Manfred** [DE/DE]; Rudolf-Zorn-Strasse 4, 81739 München (DE).

(74) Agents: **HOLTZ, Leonard** et al.; Frishauf, Holtz, Goodman, Langer & Chick, P.C., 25th Floor, 767 Third Avenue, New York, NY 10017-2023 (US).

(81) Designated States (national): JP, US.

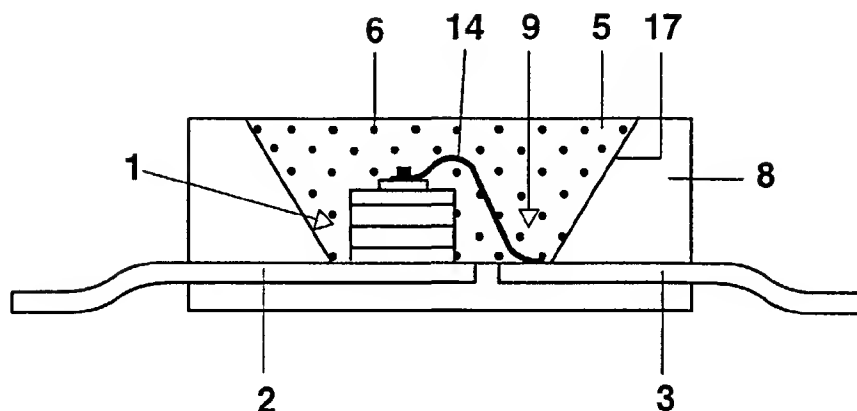
(84) Designated States (regional): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Published:

— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: LUMINESCENCE CONVERSION BASED LIGHT EMITTING DIODE AND PHOSPHORS FOR WAVELENGTH CONVERSION



(57) Abstract: A device for the generation of specific colored light including white light by luminescent down conversion and additive color mixing based on a light-emitting diode "LED"(1) comprising a semiconductor light-emitting layer emitting near UV light about 370-420 nm or blue light about 420-480 nm and phosphors (6) which absorb completely or partly the light emitted by the light-emitting component and emit light of wavelengths longer than that of the absorbed primary light, wherein the light emitting layer of the light emitting component is preferably a Ga(In)N-based semiconductor; and at least one of the phosphors (6) contains a metal sulfide fluorescent material activated with europium containing at least one element selected from the group consisting of Ba, Sr, Ca, Mg and Zn; and/or at least another phosphor (6) which contains a complex thiometalate fluorescent material activated with either europium, cerium or both europium and cerium containing at least one element selected from the group consisting of Ba, Sr, Ca, Mg and Zn; and at least one element selected from the group consisting of Al, Ga, In, Y, La and Gd.



WO 02/11173 A1

## **Luminescence Conversion Based Light Emitting Diode and Phosphors for Wavelength Conversion**

### 5           **FIELD OF INVENTION**

The invention relates to a light emitting device and phosphors for the generation of specific, colored light, including white light, by luminescent down conversion and additive color mixing based on a light-emitting diode (LED) comprising a light-emitting semiconductor component which emits a primary light in the range of 370 to 480 nm and especially in the UV spectral range from about 370 to 415 nm, or in the blue spectral range from about 420 to 480 nm. The chip or a plurality of chips in a lighting unit is covered directly or indirectly by a phosphor or a combination of various phosphors, described as phosphor blends, which absorb completely or partly the primary light emitted by the light-emitting semiconductor component and emit a secondary light of wavelengths higher than that one of the primary light. The light-emitting semiconductor component is preferably a Ga(In)N-based semiconductor. The phosphors comprise at least a metal sulfide photoluminescent material MS activated with europium containing at least one element selected from the group  $M = \text{Ba, Sr, Ca, Mg, Zn}$ , and/or a complex thiometalate photoluminescent material  $M^*N^*_2S_4$  activated with either europium, cerium or both, europium and cerium, containing at least one element selected from the group  $M^* = \text{Ba, Sr, Ca, Mg, Zn}$ , and at least one element selected from the group  $N^* = \text{Al, Ga, In, Y, La, Gd}$ .

In this disclosure, a phosphor blend is defined as any combination of two or more photoluminescent materials the output of which, in combination with the emission of the semiconductor, is capable of producing colored emission including white emission with a high color rendering index value or specific broad band or multi-band emission with defined color coordinates. Photophysical data regarding all of the above requirements have been investigated, and as a result a device may be fabricated in which the excitation/emission profiles of phosphors are optimally selected as required for a specific purpose.

## DESCRIPTION OF RELATED ART

Solid state light sources based on light-emitting semiconductor components have been available for many years. Special interest is dedicated to light emitting diodes (LEDs) and to phosphors for converting primary light of a light emitting semiconductor component to longer wavelength, for example, for general purpose illumination as described, for example, in US 5 998 925, WO 00/33390 and WO 00/33389.

US 5 998 925 discloses a white light emitting LED device. It uses yttrium aluminum garnet doped with cerium,  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ , to convert blue emission of an InGaN-diode into yellow to produce white light of suitable color temperature. Another approach (WO 00/33390) uses a combination of a blue emitting LED together with a green and red phosphor. The phosphors are at least one of a first phosphor, among others thiogallates  $(Sr,Ca,Ba)(Al,Ga)_2S_4:Eu^{2+}$ , and at least one of a second phosphor, among others metal sulfide  $SrS:Eu^{2+}$ , or  $(Ca,Sr)S:Eu^{2+}$ , or thiogallate  $CaLa_2S_4:Ce^{3+}$ , to produce white light of distinct color temperature. The thiogallate  $(Sr,Ca,Ba)(Al,Ga)_2S_4:Eu^{2+}$  can be used to generate specific colors together with light emitting elements such as blue LEDs, see WO 00/33389.

The above mentioned phosphors can be used to produce white light with various color temperatures and suitable index of color rendering by luminescent down conversion of primary LED emission, but they exhibit several drawbacks related to total conversion efficiency, absorption strength, emission wavelength tunability, thermal quenching characteristics and life time which are of high importance for using these phosphors in LEDs.

25

## SUMMARY OF THE INVENTION

The object of the present invention is to provide a light emitting device having a light-emitting semiconductor component and a phosphor or a phosphor blend whereby the phosphors are capable of absorbing, with high efficiency, the primary light emitted by the light-emitting semiconductor component and emitting secondary light of wavelengths higher than that one of the primary light whereby secondary light emitted by the phosphors and primary light of the light-emitting semiconductor component may combine to generate light of any color, including white light.

Thus, the present invention provides a light-emitting device, comprising a light-emitting semiconductor component, emitting in the UV to blue spectral range between 370 and 480 nm, preferably between 370 and 415 nm or 420 to 480 nm, in combination with a phosphor or phosphor blend comprising at least one, preferably at least two, phosphors capable of absorbing at least a part of the primary light emitted by the light-emitting semiconductor component and emitting secondary light of wavelengths higher than that of the primary light. Said light-emitting semiconductor component comprises preferably a Ga(In,Al)N-based semiconductor. Said at least one phosphor comprises a photoluminescent metal sulfide MS (Type I phosphor) comprising at least one element selected from the group M = Ba, Mg, and Zn alone or in combination with at least one of Sr, Ca; the sulfide being activated with europium, or it comprises at least one phosphor comprising a complex metal thiometallate photoluminescent material  $M^*N^*_2S_4$  (type II phosphor) comprised of at least one element selected from the group  $M^* = Mg, Zn$ , alone or in combination with at least one of Ba, Sr, Ca, and at least one element selected from the group  $N^* = Al, Ga$ , alone or in combination with In, Y, La, Gd, the thiogallate being activated with at least one of europium (Eu) and cerium (Ce).

Preferably at least one of type I and one of type II phosphor, possibly with addition of other well-known phosphors, can be combined to achieve a specific color (for example magenta) or even white light when irradiated by a LED emitting primary UV or blue light as specified above.

Beside the main characteristics, like spectral range of emission and absorption, and total conversion efficiency, additional important characteristics of the phosphors include 1) resistance to thermal quenching of luminescence at typical device operating temperatures (*e.g.* 80°C); 2) lack of interfering reactivity with the encapsulating resins used in the device fabrication; 3) suitable absorptive profiles to minimize dead absorption within the visible spectrum; 4) a temporally stable luminous output over the operating lifetime of the device and; 5) compositionally controlled tuning of the phosphors excitation and emission properties.

In addition, the chemical compositions of the phosphors play a decisive role due to the composition dependent crystal field dependence of absorption, emission and conversion behavior of the optical 4f-5d transition of the emitting centers,  $Eu^{2+}$  and  $Ce^{3+}$  applied herein.

The invention also relates to phosphor compositions according to MS:Eu (type I phosphor) with M is at least one of M = Ba, Mg, Zn alone or in combination with Sr, Ca. This type of phosphor emits in the red spectral range of the visible spectrum and thus provides the red component in LEDs emitting specific colors or even white light.

5 In particular, the invention relates to specific phosphor compositions (type I phosphor) according to  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{M}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  with M is at least one of = Ba, Mg, Zn alone or in combination with Ca and  $0 < x \leq 0.5$  and  $0 < y \leq 0.10$ . Preferred are the binary compositions according to  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{Ba}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x \leq 0.25$  and the ternary compositions according to  $(\text{Sr}_{1-x-z-y}\text{Ca}_x\text{Ba}_z\text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x + y + z \leq 0.35$  which exhibit a  
10 high quantum efficiency of 65-80 %, high absorbance in the range from 370 nm to 470 nm of 60-80% and low loss, below 10%, of the luminescent lumen output from room temperature to 100 °C due to thermal quenching.

The invention also relates to phosphor compositions according to  $\text{M}^*\text{N}^*_2\text{S}_4\text{:Eu,Ce}$  (type II phosphor) with  $\text{M}^*$  is at least one of  $\text{M}^* = \text{Mg, Zn}$  alone or  
15 together with at least one of Ba, Sr, Ca, and  $\text{N}^*$  is at least one of  $\text{N}^* = \text{Al, Ga}$ , alone or together with small amounts (below 20%) of In, Y, La, Gd, which emits in the blue, green or green-yellow spectral range of the visible spectrum and thus can provide the blue, green or green-yellow component in LEDs emitting specific colors or even white light.

20 In particular, the invention relates to specific compositions (type II phosphor) containing Mg as one of the host lattice elements according to  $(\text{M}^{**}_{1-u}\text{Mg}_u)(\text{Ga}_{1-v}\text{N}^*_v)_2\text{S}_4\text{:Ce}$  with  $u \leq 0.75$  and  $v \leq 0.10$ , and  $\text{M}^{**}$  is at least one of  $\text{M}^{**} = \text{Ba, Sr, Ca, Zn}$ .

In particular, the invention relates to specific compositions (type II phosphor)  
25 according to  $(\text{M}^{**}_{1-s-t}\text{Eu}_s\text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v}\text{N}^*_v)_2\text{S}_4$  with  $\text{M}^{**}$  is at least one of = Mg, Zn alone or in combination with Sr, Ba, Ca, and  $\text{N}^* = \text{Al, In, Y, La, Gd}$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$  with  $v \leq 0.10$ , which emit in green to green-yellow spectral range of the visible spectrum from 500 nm to 555 nm.

In particular, the invention relates to specific binary compositions (type II  
30 phosphor) according to  $((\text{Ba}_{1-u}\text{Mg}_u)_{1-s-t}\text{Eu}_s\text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v}\text{N}^*_v)_2\text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$  which emit in green spectral range of the visible spectrum from 500 nm to 540 nm and may exhibit a quantum efficiency above 75%, preferably above 80%, absorbance in the range from 320 nm to 460 nm of about 60%

and low loss of the luminescent lumen output from room temperature to 100 °C below 7% due to thermal quenching.

In particular, the invention relates to specific ternary compositions (type II phosphor) according to  $((\text{Ba}_{1-w}\text{Ca}_w)_{1-u}\text{Mg}_u)_{1-s-t}\text{Eu}_s\text{Ce}_t(\text{Ga}_{1-v}\text{N}^*_v)_2\text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $w \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$ , which emit in green-yellow spectral range of the visible spectrum from 525 nm to 535 nm and preferably exhibit a quantum efficiency above 80%, absorbance in the range from 320 nm to 410 nm above 60%, and low loss of the luminescent lumen output from room temperature to 100 °C below 15% due to thermal quenching.

In particular, the invention relates to specific ternary compositions (type II phosphor) according to  $((\text{Ba}_{1-r}\text{Sr}_r)_{1-u}\text{Mg}_u)_{1-s-t}\text{Eu}_s\text{Ce}_t(\text{Ga}_{1-v}\text{N}^*_v)_2\text{S}_4$  with  $u < 0.75$  and  $r \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$ , which emit in green-yellow spectral range of the visible spectrum from 525 nm to 535 nm and preferably exhibit a quantum efficiency above 60 %, absorbance in the range from 320 nm to 410 nm above 60 % and low loss of the luminescent lumen output from room temperature to 100 °C below 15 % due to thermal quenching.

In particular, the invention relates to specific ternary compositions (type II phosphor)  $((\text{Sr}_{1-w}\text{Ca}_w)_{1-u}\text{Mg}_u)_{1-s-t}\text{Eu}_s\text{Ce}_t(\text{Ga}_{1-v}\text{N}^*_v)_2\text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $w \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  which emit in yellow-green spectral range of the visible spectrum from 535 nm to 555 nm and exhibit a quantum efficiency above 60 %, absorbance in the range from 320 nm to 410 nm above 60% and low loss of the luminescent lumen output from room temperature to 100 °C below 15 % due to thermal quenching.

In particular, the invention relates to specific ternary compositions (type II phosphor)  $((\text{Sr}_{1-p}\text{Zn}_p)_{1-u}\text{Mg}_u)_{1-s-t}\text{Eu}_s\text{Ce}_t(\text{Ga}_{1-v}\text{N}^*_v)_2\text{S}_4$  with  $u < 0.75$  and  $p \leq 0.35$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$ , which emit in green spectral range of the visible spectrum from 525 nm to 540 nm and exhibit a quantum efficiency of at least 60 %, absorbance in the range from 370 nm to 420 nm above 60 % and low efficiency reduction from room temperature to 100 °C below 15 % due to thermal quenching.

The phosphors described and phosphor blends thereof which may comprise further additional phosphors well-known in the present state of the art can be used together with a light emitting semiconductor component, preferably a GaN-based

LED, to achieve white light when excited by UV radiation or blue light of the LED. The achievable color temperatures cover a broad range of from 3000 to 6000° K with a device luminous efficacy of up to 20 lumens per watt of input electrical powder and a color rendering index of typically more than 75, preferably more than 80.

- 5       The phosphors described and phosphor blends thereof which may comprise additional phosphors well-known in the present state of the art can be used together with a light emitting semiconductor component, preferably a GaN-based LED, are able to achieve colored light when excited by UV light or blue light covering a wide space of color coordinates ranging from  $x = 0.15 - 0.68$  and  $y = 0.05 - 0.82$ .

10

### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Other features and advantages of the invention will be apparent from the following detailed description and the accompanying drawings.

- 15       Figure 1 discloses the photoluminescent emission spectrum of  $(\text{Sr}_{0.80}\text{Ba}_{0.03}\text{Ca}_{0.15}\text{Eu}_{0.02})\text{S}$  (Fig. 1a) and of  $((\text{Sr}_{0.77}\text{Zn}_{0.23})_{0.85}\text{Mg}_{0.10}\text{Eu}_{0.05})\text{Ga}_2\text{S}_4$  (Fig. 1b);

- 20       Figure 2 discloses the reflection spectra of  $(\text{Sr}_{0.82-x}\text{Ba}_{0.03}\text{Ca}_{0.15}\text{Eu}_x)\text{S}$  with various Eu content (Fig. 2a) and of  $((\text{Sr}_{0.77}\text{Zn}_{0.23})_{0.85}\text{Mg}_{0.10}\text{Eu}_{0.05})\text{Ga}_2\text{S}_4$  (Fig. 2b);

- 25       Figure 3 discloses the thermal quenching of the photoluminescence of  $(\text{Sr}_{0.80}\text{Ba}_{0.03}\text{Ca}_{0.15}\text{Eu}_{0.02})\text{S}$  and  $\text{Sr}_{0.98}\text{Eu}_{0.02}\text{S}$  (Fig. 3a) and of  $((\text{Sr}_{0.25}\text{Ca}_{0.75})_{0.45}\text{Mg}_{0.55}\text{Eu}_{0.05}\text{Ga}_2\text{S}_4$ ;  $((\text{Sr}_{0.77}\text{Zn}_{0.23})_{0.85}\text{Mg}_{0.10}\text{Eu}_{0.05})\text{Ga}_2\text{S}_4$  and  $((\text{Sr}_{0.85}\text{Zn}_{0.15})_{0.65}\text{Mg}_{0.30}\text{Eu}_{0.05})\text{Ga}_2\text{S}_4$  (Fig. 3b);

Figure 4 discloses a light emitting device using one of said phosphors, with a first embodiment (Fig. 4a) and a second embodiment (Fig. 4b);

- 30       Figure 5 to 10 discloses the emission and reflectance spectra of various further phosphors in accordance with the invention.



## DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

The detailed construction of luminescence conversion based light emitting devices are shown for example in the prior art discussed above. Those or similar constructions, see for example US 6 066 861, may be used. Emphasis is given in more detail to the phosphors and phosphor blends to be used in this invention.

The values of the quantum efficiency of luminescent down conversion are the ratio of the number of emitted photons to the number of absorbed photons. The quantum efficiency given in percent is determined by measuring the relative absorbance and the relative radiance compared to standard phosphors with known quantum efficiency. The used standard phosphors were  $\text{SrAl}_2\text{O}_4\text{:Eu}$  for 400 nm excitation and  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{:Ce}$  for 460 nm excitation. The relative reflectance is measured in relation to a commercial  $\text{BaSO}_4$ -standard. The relative values given in percent for the optical absorbance of described phosphors corresponds directly to the mentioned values in percent for the optical reflectance, measured versus reflectance grade  $\text{BaSO}_4$ , by the relationship  $\text{reflectance} = 100 \% - \text{absorbance}$ . The term high chromaticity used herein comprises features such as narrow lines and high color saturation. The content of the chemical elements in the described phosphor compositions are given in molar parts.

A first group of embodiments is directed to light emitting devices based on a light emitting semiconductor component which emits primary light in the near UV spectral range from 370-415 nm.

In this connection a preferred embodiment is related to a device for the generation of specific, colored light including white light by luminescent conversion and additive color mixing based on a light-emitting diode comprising a light-emitting component using a semiconductor as a light-emitting layer emitting a primary light in the range of 370 – 415 nm and phosphors which absorb at least a part of the primary light and emit light of longer wavelengths than the primary light, including red light, wherein the light-emitting layer of the light-emitting component is an  $\text{Ga(In)N}$ -based semiconductor and the red-emitting phosphor according to  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{M}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  (type I phosphor) with M at least one of M = Ba, Mg, Zn alone or in combination with Ca, and  $0 < x \leq 0.5$  and  $0 < y \leq 0.10$  preferably the binary compositions according to  $(\text{Sr}_{1-x}$

$y\text{Mg}_x\text{Eu}_y\text{S}$  or  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{Ba}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x \leq 0.25$  and the ternary compositions according to  $(\text{Sr}_{1-x-z-y}\text{Ca}_x\text{Ba}_z\text{Eu}_y)\text{S}$  with

$x + y + z \leq 0.35$ . The red-emitting phosphor may be combined with a near UV (~400 nm) LED and a blue-emitting phosphor, a green emitting phosphor, both of the appropriate color, and when appropriate, a yellow-emitting phosphor for the production of specific colored light and more preferably for production of white light with a high color-rendering index of >80%.

Europium activated strontium sulfide, is a high chromaticity red phosphor excitable from the near UV (400 nm) to the blue-green (500 nm) with high quantum efficiency. For an optimized use of this phosphor for luminescent conversion of primary LED light it is necessary to modify the photophysical characteristics to achieve, for example, efficacy, color specifications and life time of related light emitting devices. The chromaticity and quantum efficiency of the europium activated strontium sulfide can be modified through the substitution of divalent metal ions for strontium from the list including Ba, Ca, Mg, and Zn.

The red emitting phosphor  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{M}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  is prepared by mixing stoichiometric amounts of SrO,  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , CaO and  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ . The mixture is then heated in an alumina crucible in a nitrogen atmosphere up to 1000 - 1200 °C, preferably to 1100 °C. When the maximum temperature is achieved the mixture is reacted in a  $\text{H}_2\text{S}$  flowing atmosphere for 1-4 hours, preferably for 2 hours. Another method for synthesis of  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{M}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  uses commercially available sulfide precursors such as SrS and EuS. Stoichiometric amounts of binary sulfide were well ground using an agate mortar and pestle under either an ambient atmosphere or in an argon-filled glove box. After grinding, the powders were transferred to graphite crucibles and placed into a tube furnace under flowing Ar. The furnace was then purged at room temperature in flowing Ar for 6-12 hours. When the tube was fully purged, the furnace was ramped at 10°/minute to 150 °C where the temperature remained stable for 2 hours to more fully purge the furnace of water and oxygen. After the two hours was completed, the furnace was ramped at 5°/minute to 1250 °C where the temperature remained stable for 6 hours. After six hours the furnace was turned off and allowed to cool. When the furnace had reached room temperature, the sample was removed and finely ground. The sample was then returned to the furnace where the general procedure was repeated with the only alterations being that the

sample was heated to 1300°C for 12 hours. Samples were annealed for a total of 30-42 hours. Photophysical measurements were performed at the completion of each annealing step to monitor the progress of the reaction.

The photophysical characteristics of substituted europium activated strontium sulfide synthesized as described above are listed in the following Table I together with unsubstituted europium activated strontium sulfide. The photoluminescent emission spectrum for  $(\text{Sr}_{0.80}\text{Ba}_{0.03}\text{Ca}_{0.15}\text{Eu}_{0.02})\text{S}$ , excited at 400 nm, and reflectance spectra for  $\text{Sr}_{0.82-x}\text{Ba}_{0.03}\text{Ca}_{0.15}\text{Eu}_x\text{S}$  with various Eu content are shown in Fig 1a and Fig. 2a. SrS activated with 1% europium vs. 2% europium, for example, displays a dramatically different body color and consequently different absorption and reflectance characteristics. Loss in luminescent output due to thermal quenching is consistently less than 10% at temperatures of 100 °C and higher compared to room temperature, given arbitrarily as 100% (Fig. 3a). X-ray diffraction (Figure 4) displays the presence of only single phase materials crystallizing in the expected NaCl structure with the expected lattice parameter shifts for a given substitution. Loss in luminescent output due to thermal quenching is consistently less than 10% at temperatures of 100°C and higher compared to room temperature.

Table I: Photophysical characteristics for various $(\text{Sr}_{1-x-y-z} \text{Ba}_x \text{Ca}_z \text{Eu}_y) \text{S}$ phosphors excited at 400 nm			
Composition	Emission Wave-length (Peak) nm	Reflectance at 400 nm %	Quantum Efficiency %
$(\text{Sr}_{0.81} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.01}) \text{S}$	630	50	59
$(\text{Sr}_{0.805} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.015}) \text{S}$	632	44	72
$(\text{Sr}_{0.80} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.02}) \text{S}$	632	45	71
$(\text{Sr}_{0.795} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.025}) \text{S}$	632	37	67
$(\text{Sr}_{0.79} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.03}) \text{S}$	632	35	62
$(\text{Sr}_{0.98} \text{Eu}_{0.02}) \text{S}$	618	52	69

Referring to the use of near UV radiation as a primary light source a preferred embodiment is related to a device for the generation of specific, colored light including white light as described above using phosphors which absorb at least a part of the primary light and emit light of longer wavelengths than the primary light, including green and yellow light, wherein the green to green-yellow-emitting complex metal sulfide photoluminescent materials are according to  $\text{M}^* \text{N}^*_2 \text{S}_4 : \text{Eu}, \text{Ce}$  (type II phosphor) with  $\text{M}^* = \text{Mg}, \text{Zn}$  alone or in combination with Ba, Sr, Ca, and  $\text{N}^* = \text{Al}, \text{Ga}$ , alone or in combination with In, Y, La, Gd, preferably compositions according to  $(\text{M}^*_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}^*_v)_2 \text{S}_4$  with  $\text{N}^* = \text{Al}, \text{In}, \text{Y}, \text{La}, \text{Gd}$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  with  $v \leq 0.10$ , preferably binary compositions according to  $((\text{Ba}_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}^*_v)_2 \text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  and ternary compositions according to  $((\text{Sr}_{1-w} \text{Ca}_w)_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}^*_v)_2 \text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $w \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  as well as  $((\text{Ba}_{1-r} \text{Sr}_r)_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}^*_v)_2 \text{S}_4$  with  $u < 0.75$  and  $r \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  as well as  $((\text{Sr}_{1-w} \text{Ca}_w)_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}^*_v)_2 \text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $w \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  as well as  $((\text{Sr}_{1-p} \text{Zn}_p)_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}^*_v)_2 \text{S}_4$  with  $u < 0.75$  and  $p \leq 0.35$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$ . These green to green-yellow-emitting phosphor may be combined with a near UV ( $\sim 400$  nm) LED and a blue-emitting phosphor, a red emitting phosphor, both of

the appropriate color for the production of specific colored light and more preferably for production of white light with a high color-rendering index of >80.

Europium and/or cerium activated, substituted strontium thiogallate, is a high chromaticity green to yellow phosphor excitable from the near UV(400 nm) to the blue-green (480 nm), preferably 420 to 480 nm, with high efficiency. For an optimized use of these phosphors for luminescent conversion of primary LED light it is necessary to modify the photophysical characteristics to meet, for example, efficacy, color specifications and life time of related light emitting devices. The chromaticity and quantum efficiency of the substituted strontium thiometalate may be modified through the substitution of divalent metal ions for strontium from the list including Ba, Ca, Mg, and Zn and/or the substitution of trivalent metal ions for gallium from the list including Al, In, Y, La, and Gd.

These green to green-yellow emitting phosphors are prepared by the following technique: High purity nitrates, oxalates and acetates were dissolved with stirring 25-30 ml deionized water. The solutions are stirred with heating on a hot-plate until the water has evaporated resulting in a white or yellow paste, depending on composition. The solids are dried overnight (~12 hours) at 120 °C followed by 12 hours at 550°C. The resulting solid is finely ground and placed into a high purity alumina crucible. The crucibles are loaded into a tube furnace and purged with flowing Ar for several hours. The furnace parameters are 10 °C/min to 900 °C, followed by a 6 hour dwell at 900 °C after which the furnace is turned off and allowed to cool to room temperature. H<sub>2</sub>S is introduced to the furnace only after the temperature has reached 800°C and is turned off when the furnace has cooled to 800 °C. The samples are once again finely ground before analysis. Additional time at temperature and in H<sub>2</sub>S may be required after the initial reaction, however this is dependent on composition. Luminous output may be improved through an additional anneal at slightly lower temperatures in flowing argon.

Examples of the photophysical characteristics of substituted europium activated thiogallates are listed in Table II. The photoluminescent emission spectrum for ((Sr<sub>0.77</sub>Zn<sub>0.23</sub>)<sub>0.85</sub>MgO<sub>0.10</sub>Eu<sub>0.05</sub>)Ga<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, excited at 400 nm, and related reflectance spectrum are shown in Fig 1b and Fig. 2b. X-ray diffraction is consistent with the structure of SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> with certain small deviations of position and intensity due to the substitution of smaller divalent metal ions for strontium. Loss in luminescent output

due to thermal quenching is consistently less than 15% at temperatures of 100 °C and higher compared to room temperature (Fig. 3a).

Table II: Photophysical characteristics for various  $(M^{*}_{1-x}Eu_x)Ga_2S_4$  phosphors excited at 400 nm with  $M^* = Ba, Mg, Sr, Ca, Zn$

Composition	Emission Wave-length (Peak) nm	Reflectance at 400 nm %	Quantum Efficiency %
$(Ba_{0.80}Mg_{0.15}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	509	29	63
$(Ba_{0.38}Mg_{0.57}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	533	28	69
$((Sr_{0.25}Ca_{0.75})_{0.40}Mg_{0.55}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	533	20	80
$((Ba_{0.57}Ca_{0.43})_{0.40}Mg_{0.55}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	548	18	82
$((Sr_{0.25}Ba_{0.75})_{0.40}Mg_{0.55}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	536	23	72
$((Sr_{0.77}Zn_{0.23})_{0.85}Mg_{0.10}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	538	27	73
$((Sr_{0.85}Zn_{0.15})_{0.65}Mg_{0.30}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	535	14	68
$((Sr_{0.05}Mg_{0.05}Ba_{0.90})_{0.98}Ce_{0.02})Ga_2S_4$	455	36	69

5 Referring to the use of near UV radiation as primary light source a preferred embodiment is related to a device for the generation of specific, colored light including white light as described above using phosphors which absorb at least a part of the primary light and emit light of longer wavelengths than the primary light, including blue light, wherein the blue-emitting complex metal sulfide  
10 photoluminescent materials are according to according to  $((Ba_{1-r}Sr_r)_{1-u}Mg_u)_{1-t}Ce_t(Ga_{1-v}N_v)_2S_4$  with  $0 < t \leq 0.10$  and  $u \leq 0.25$  and  $r \leq 0.95$  and  $v = 0.10$  This blue-emitting phosphor may be combined with a near UV (~400 nm) LED and green-emitting phosphor, yellow-emitting phosphor and a red-emitting phosphor of the appropriate color and if appropriate for the production of specific colored light and  
15 more preferably for production of white light with a high color-rendering index of >80%.

This blue emitting phosphor is synthesized following the techniques described for complex metal sulfide photoluminescent materials according to  $M^*N^*_2S_4:Eu,Ce$  (type II phosphor). An example for the photophysical characteristics is given in Table

20 II.

Another embodiment with relation to the phosphors of the first group of embodiments is a light emitting device comprising the combination of a 400 nm emitting GaN-based LED together with a phosphor blend containing a blue emitting (MgSrBa)Ga<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce phosphor, a green emitting (CaSrBa)Ga<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu phosphor and a red emitting (CaBaSr)S:Eu phosphor with the corresponding spectral weight ratio blue:green:red = 1.1:2.4:2.18 which emits white light with color coordinates  $x = 0.336$  and  $y = 0.339$  and index of color rendering of 83 and a lumen output of about 21 lumen/Watt.

A second group of embodiments is directed to light emitting devices based on a light emitting semiconductor component which emits primary light in the blue spectral range from 420 to 480 nm.

The preferred embodiments for the second group are the same as for the first group of embodiments in relation to the applied light emitting semiconductor component and phosphors except the blue emitting phosphor according to  $((\text{Ba}_{1-r}\text{Sr}_r)_{1-u}\text{Mg}_u)_{1-t}\text{Ce}_t(\text{Ga}_{1-v}\text{N}_v)_2\text{S}_4$ . Due to the broad absorption band of the 4f-5d-transition of  $\text{Eu}^{2+}$  the described phosphors exhibit suitable absorption or low reflectance in the disclosed spectral range from 370 nm to 480 nm for the primary light emitted by the light emitting semiconductor component.

A preferred embodiment of the second group is a red-emitting phosphor according to  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{M}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  (type I phosphor) with  $\text{M} = \text{Ba}, \text{Mg}, \text{Zn}$ , alone or in combination with Ca, and  $0 < x \leq 0.5$  and  $0 < y \leq 0.10$  preferably the binary compositions according to  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{Mg}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  or  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{Ba}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x \leq 0.25$  and the ternary compositions according to  $(\text{Sr}_{1-x-z-y}\text{Ca}_x\text{Ba}_z\text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x + y + z \leq 0.35$ . The red-emitting phosphor may be combined with a blue 460 nm LED and at least a green emitting phosphor of the appropriate color, and when appropriate, a yellow-emitting phosphor for the production of specific colored light and more preferably for production of white light with a high color-rendering index of  $>80$ .

The synthesis of this red phosphor may follow the techniques as already described for the first group of embodiments and can be modified by similar compositional substitutions as described there for achieving optimized photophysical characteristics to meet the required device specifications.

Achieved values for the photophysical properties are listed in table III in relation to the conversion of primary light of 460 nm.

Table III: Photophysical characteristics for various $(\text{Sr}_{1-x-y-z} \text{Ba}_x \text{Ca}_z \text{Eu}_y) \text{S}$ phosphors excited at 460 nm			
Composition	Emission Wave-length (Peak) nm	Reflectance at 460 nm %	Quantum Efficiency %
$(\text{Sr}_{0.81} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.01}) \text{S}$	630	21	76
$(\text{Sr}_{0.805} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.015}) \text{S}$	632	15	79
$(\text{Sr}_{0.80} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.02}) \text{S}$	632	13	77
$(\text{Sr}_{0.795} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.025}) \text{S}$	632	10	71
$(\text{Sr}_{0.79} \text{Ba}_{0.03} \text{Ca}_{0.15} \text{Eu}_{0.03}) \text{S}$	632	10	65
$(\text{Sr}_{0.98} \text{Eu}_{0.02}) \text{S}$	618	21	75

- 5 Another preferred embodiment of the second group are green to green-yellow emitting phosphors according to  $\text{M}^* \text{N}^*_2 \text{S}_4 : \text{Eu}, \text{Ce}$  (type II phosphor) with  $\text{M}^* = \text{Mg}, \text{Zn}$  alone or in combination with  $\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$ , and  $\text{N}^* = \text{Al}, \text{Ga}, \text{In}, \text{Y}, \text{La}, \text{Gd}$ , preferably compositions according to  $(\text{M}^*_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}_v)_2 \text{S}_4$  with  $\text{N}^* = \text{Al}, \text{In}, \text{Y}, \text{La}, \text{Gd}$  and  $0 \leq s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  with  $v \leq 0.10$ , preferably binary compositions
- 10 according to  $((\text{Ba}_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}_v)_2 \text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $v \leq 0.10$  and  $0.1 \leq s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  and ternary compositions according to  $((\text{Sr}_{1-w} \text{Ca}_w)_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}_v)_2 \text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $w \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  as well as
- 15  $((\text{Ba}_{1-r} \text{Sr}_r)_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}_v)_2 \text{S}_4$  with  $u < 0.75$  and  $r \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 \leq s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  as well as  $((\text{Sr}_{1-w} \text{Ca}_w)_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}_v)_2 \text{S}_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $w \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$  as well as  $((\text{Sr}_{1-p} \text{Zn}_p)_{1-u} \text{Mg}_u)_{1-s-t} \text{Eu}_s \text{Ce}_t)(\text{Ga}_{1-v} \text{N}_v)_2 \text{S}_4$  with  $u < 0.75$  and  $p \leq 0.35$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$ . These green to green-yellow-emitting phosphor may be combined with a
- 20 blue emitting ( $\sim 460 \text{ nm}$ ) LED and at least a red emitting phosphor of the appropriate color for the production of specific colored light and more preferably for production of white light with a high color-rendering index of  $> 80$ .



Table IV: Photophysical characteristics for various $(M^{*}_{1-x}Eu_x)Ga_2S_4$ phosphors excited at 460 nm with $M^* = Ba, Mg, Sr, Ca, Zn$			
Composition	Emission Wave-length (Peak) nm	Reflectance at 400 nm %	Quantum Efficiency %
$(Ba_{0.38}Mg_{0.57}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	509	40	75
$((Sr_{0.25}Ca_{0.75})_{0.40}Mg_{0.55}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	533	32	88
$((Ba_{0.57}Ca_{0.43})_{0.40}Mg_{0.55}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	548	31	76
$((Sr_{0.77}Zn_{0.23})_{0.85}Mg_{0.10}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	538	32	72
$((Sr_{0.85}Zn_{0.15})_{0.65}Mg_{0.30}Eu_{0.05})Ga_2S_4$	535	25	65

Another embodiment with relation to the phosphors of the second group of  
embodiments is a light emitting device comprising the combination of a 460 nm  
emitting GaN-based LED together with a phosphor blend containing a green emitting  
(Y,Lu)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce phosphor and a red emitting (CaBaSr)S:Eu phosphor with the  
corresponding spectral weight ratio blue:green:red = 1.95:1.0:0.9 which emits white  
light with color coordinates x = 0.333 and y = 0.337 and index of color rendering of  
80 and a lumen output of about 27 lumen/Watt. As a specific example Figure 4a  
shows a light emitting device with a chip 1 of InGaN-type, with a peak emission of  
460 nm with a first and second electrical lead 2,3, and with a housing 8 having a  
cavity 9. One of the leads is connected to the chip via a bond wire 14. A wall 17  
serves as a reflecting contour for the emitted radiation. The cavity is filled with a  
translucent resin 5, comprising epoxy and phosphor pigments 6. The phosphor is a  
blend as outlined above.

Another embodiment with relation to the phosphors of the second group of  
embodiments is a light emitting device comprising the combination of a 460 nm  
emitting GaN-based LED together with a phosphor blend containing a green emitting  
(SrMgZn)Ga<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu phosphor and a red emitting (CaBaSr)S:Eu phosphor with the  
corresponding spectral weight ratio blue:green:red = 1.0:0.4:0.35 which emits white  
light with color coordinates x = 0.333 and y = 0.336 and index of color rendering of  
84 and a lumen output of about 25 lumen/Watt.

In particular further phosphors were investigated under excitation of a 400 nm  
LED, as summarized in Table V. By way of example, figure 4b shows a light source

20 having a common carrier 21. an essentially block-shaped housing is secured on it by an adhesive. The upper side of the housing 22 is formed with recesses, in which individual semiconductor elements 24 are located, preferably UV-LEDs based on InGaN with peak emission around 400 nm. Conversion into visible light, for example white light, is effected by light conversion layers 25, which are attached to all (or main part of) surfaces subject to UV-radiation from the LEDs. This includes the inner surfaces of the sidewalls of the housing 22, the bottom of the housing 22, and the cover 23. the individual LEDs may form individual pixels. Another example is a compact lamp utilizing LEDs.

10 The emission and reflection spectra, related to the phosphors of table V, in arbitrary units and in percent resp. as a function of the wavelength are shown in Figures 5 to 10.

Table V

Phosphor	Peak Emission wavelength	QE	Color coordinate x	Color coordinate y	Related figure
$(\text{Mg}_{0.57}\text{Ba}_{0.38}\text{Eu}_{0.05})(\text{Ga}_{1.95}\text{Al}_{0.05})\text{S}_4$	533 nm	60 %	0.263	0.650	5
$(\text{Ba}_{0.8}\text{Mg}_{0.15}\text{Eu}_{0.05})(\text{Ga}_{1.95}\text{In}_{0.05})\text{S}_4$	507 nm	57 %	0.317	0.558	6
$(\text{Ba}_{0.2}\text{Mg}_{0.6}\text{Ca}_{0.15}\text{Eu}_{0.05})\text{Ga}_2\text{S}_4$	535 nm	62 %	0.297	0.638	7
$(\text{Sr}_{0.09}\text{Mg}_{0.57}\text{Eu}_{0.05}\text{Ba}_{0.29})(\text{Ga}_{1.95}\text{Y}_{0.05})\text{S}_4$	536 nm	63 %	0.280	0.679	8
$(\text{Sr}_{0.095}\text{Mg}_{0.57}\text{Eu}_{0.05}\text{Ca}_{0.285})\text{Ga}_2\text{S}_4$	548 nm	64 %	0.358	0.624	9
$(\text{Sr}_{0.57}\text{Mg}_{0.285}\text{Zn}_{0.095}\text{Eu}_{0.05})\text{Ga}_2\text{S}_4$	532 nm	56 %	0.274	0.682	10

## Claims:

1. A light emitting device comprising at least one LED with primary  
5 emission (peak) from 370 to 480 nm covered directly or indirectly  
with a phosphor-containing covering, the phosphor-containing  
covering comprising at least one of the following phosphors:  
type I: a metal sulfide photoluminescent material activated with  
europium containing at least one element M selected from the group  
10 consisting of Ba, Mg, and Zn;  
type II: a complex thiometalate photoluminescent material  
activated with at least one of europium and cerium, containing 1) at  
least one element M\* selected from the group consisting of Mg, and  
Zn, and 2) at least one element N\* selected from the group consisting  
15 of Al, Ga, In, Y, La, Gd.
2. A light emitting device according to claim 1 wherein the type I  
phosphor contains in addition at least one of Ca, Sr as part of the  
element M.
- 20 3. A light emitting device according to claim 1 wherein the type II  
phosphor contains in addition at least one of Ca, Sr, Ba as part of the  
element M\*.
4. A light emitting device according to claim 1 wherein the emission  
peak of the LED is at 370 to 415 nm.
- 25 5. A light emitting device according to claim 1 wherein the emission  
peak of the LED is at 420 to 480 nm.
6. A light emitting device according to claim 1 wherein at least one  
phosphor of type I and II are combined.
7. A light emitting device according to claim 6 wherein one phosphor  
30 of type I and two phosphors of type II are combined to achieve  
white light.
8. A light emitting device comprising a blue emitting LED covered  
with a phosphor containing covering, the phosphor-containing  
covering containing at least one of the following phosphors:

type I: a metal sulfide photoluminescent material activated with europium containing at least one element M selected from the group consisting of Ba, Mg, and Zn;

type II: a complex thiometalate photoluminescent material activated with at least one of europium and cerium, containing 1) at least one element M\* selected from the group consisting of Mg, and Zn, and 2) at least one element N\* selected from the group consisting of Al, Ga, In, Y, La, Gd.

9. A light emitting device according to claim 8 wherein the emission peak of the LED is at 420 to 480 nm.
10. A light emitting device according to claim 8 wherein at least one phosphor of type I and II are combined.
11. A light emitting device according to claim 8 wherein one phosphor of type I and one phosphor of type II are combined to achieve white light.
12. A light emitting device comprising a UV emitting LED covered with a phosphor containing covering, the phosphor-containing covering containing at least one of the following phosphors:
 

type I: a metal sulfide photoluminescent material activated with europium containing at least one element M selected from the group consisting of Ba, Mg, and Zn;

type II: a complex thiometalate photoluminescent material activated with at least one of europium and cerium, containing 1) at least one element M\* selected from the group consisting of Mg, and Zn, and 2) at least one element N\* selected from the group consisting of Al, Ga, In, Y, La, Gd.
13. A light emitting device according to claim 8 wherein the emission peak of the LED is at 370 to 415 nm.
14. A light emitting device according to claim 8 wherein at least one phosphor of type I and II are combined.
15. A light emitting device according to claim 8 wherein one phosphor of type I and one phosphor of type II are combined to achieve white light.

16. A phosphor which absorbs radiation having a first spectrum and emits radiation having a second spectrum, the phosphor comprising: a photoluminescent metal sulfide MS (Type I phosphor) comprising at least one element selected from the group M = Ba, Mg, and Zn alone or in combination with at least one of Sr, Ca; M being activated with europium, or a photoluminescent phosphor comprising a complex metal thiometallate photoluminescent material  $M^*N^*_2S_4$  (type II phosphor) comprising of at least one element selected from the group  $M^* = \text{Mg, Zn}$ , alone or in combination with at least one of Ba, Sr, Ca, and at least one element selected from the group  $N^* = \text{Al, Ga}$ , alone or in combination with In, Y, La, Gd,  $N^*$  being activated with at least one of europium (Eu) and cerium (Ce).
17. A phosphor composition comprising at least one of the phosphors of type I and one of the phosphor of type II.
18. A phosphor in accordance with claim 16 wherein the phosphor is according to MS:Eu (type I phosphor) with M is at least one of M = Ba, Mg, Zn alone or in combination with Sr, Ca.
19. A phosphor in accordance with claim 16 wherein the phosphor of type I is according to  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{M}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  with M is at least one of = Ba, Mg, Zn alone or in combination with Ca and  $0 < x \leq 0.5$  and  $0 < y \leq 0.10$ .
20. A phosphor in accordance with claim 19 wherein the phosphor is according to  $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{Ba}_x\text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x \leq 0.25$ .
21. A phosphor in accordance with claim 19 wherein the phosphor is according to  $(\text{Sr}_{1-x-z-y}\text{Ca}_x\text{Ba}_z\text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x + y + z \leq 0.35$ .
22. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor composition is according to  $M^*N^*_2S_4:\text{Eu,Ce}$  (type II phosphor) with  $M^*$  is at least one of  $M^* = \text{Mg, Zn}$  alone or together with at least one of Ba, Sr, Ca, and  $N^*$  is at least one of  $N^* = \text{Al, Ga}$ , alone or together with small proportions (below 20%) of In, Y, La, Gd.
23. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor is of type II phosphor containing Mg as one of the host lattice elements

according to  $(M^{**}_{1-u}Mg_u)(Ga_{1-v}N^*_v)_2S_4:Ce$  with  $u \leq 0.75$  and  $v \leq 0.10$ , and  $M^{**}$  is at least one of  $M^{**} = Ba, Sr, Ca, Zn$ .

24. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor is of type II phosphor according to  $(M^{**}_{1-s-t}Eu_sCe_t)(Ga_{1-v}N^*_v)_2S_4$  with  $M^{**}$  is at least one of  $= Mg, Zn$  alone or in combination with  $Sr, Ba, Ca$ , and  $N^* = Al, In, Y, La, Gd$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$  with  $v \leq 0.10$ .
25. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor is of type II phosphor according to  $((Ba_{1-u}Mg_u)_{1-s-t}Eu_sCe_t)(Ga_{1-v}N^*_v)_2S_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$ .
26. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor is of type II phosphor according to  $((Ba_{1-w}Ca_w)_{1-u}Mg_u)_{1-s-t}Eu_sCe_t)(Ga_{1-v}N^*_v)_2S_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $w \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$ .
27. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor is of type II phosphor according to  $((Ba_{1-r}Sr_r)_{1-u}Mg_u)_{1-s-t}Eu_sCe_t)(Ga_{1-v}N^*_v)_2S_4$  with  $u < 0.75$  and  $r \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \leq t:s < 0.2$ .
28. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor is of type II phosphor according to  $((Sr_{1-w}Ca_w)_{1-u}Mg_u)_{1-s-t}Eu_sCe_t)(Ga_{1-v}N^*_v)_2S_4$  with  $u \leq 0.75$  and  $w \geq 0.10$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $t:s < 0.2$ .
29. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor is of type II phosphor according to  $((Sr_{1-p}Zn_p)_{1-u}Mg_u)_{1-s-t}Eu_sCe_t)(Ga_{1-v}N^*_v)_2S_4$  with  $u < 0.75$  and  $p \leq 0.35$  and  $v \leq 0.10$  and  $0 < s \leq 0.10$  and  $0 \geq t:s < 0.2$ .

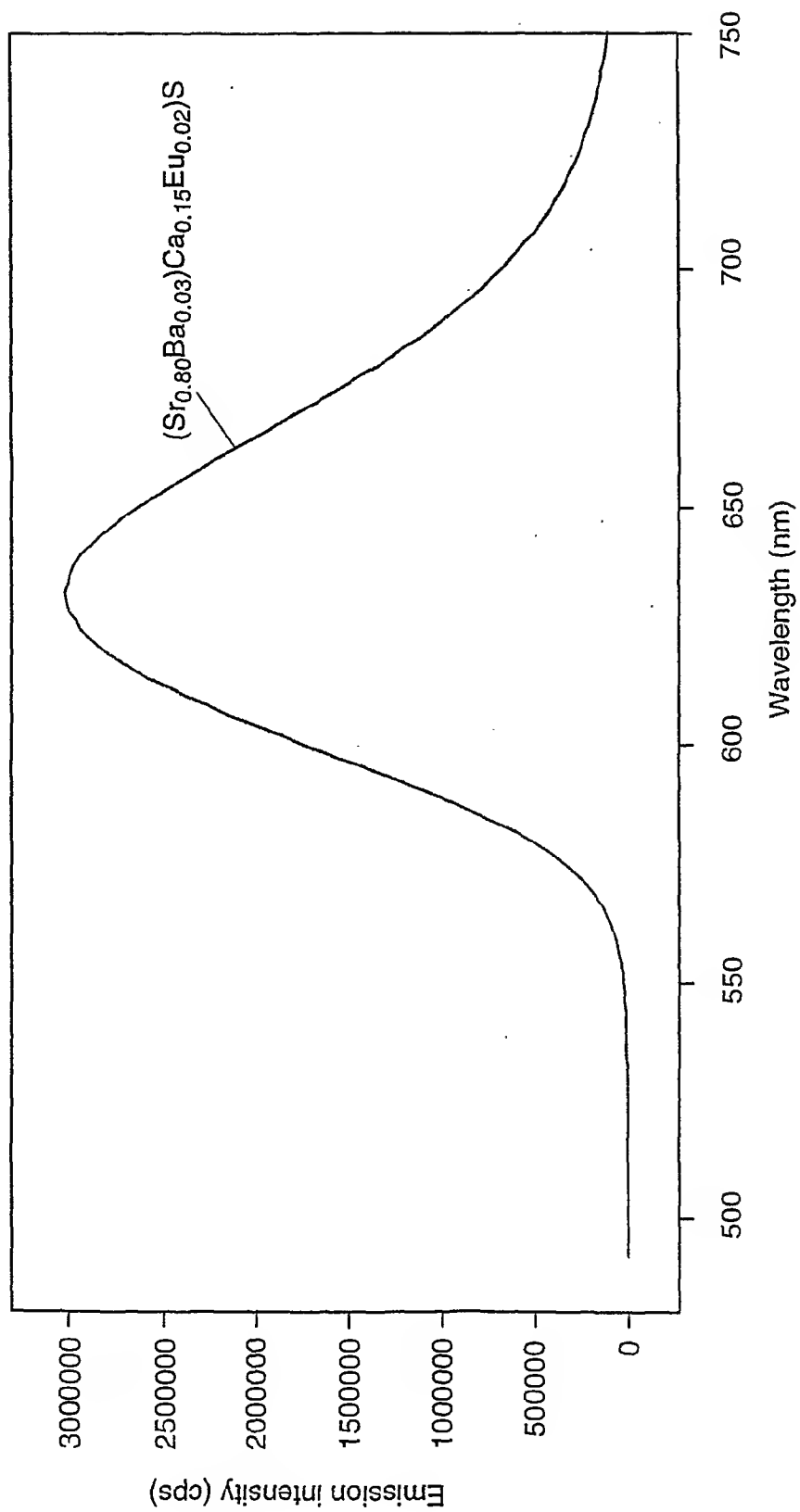


FIG. 1a

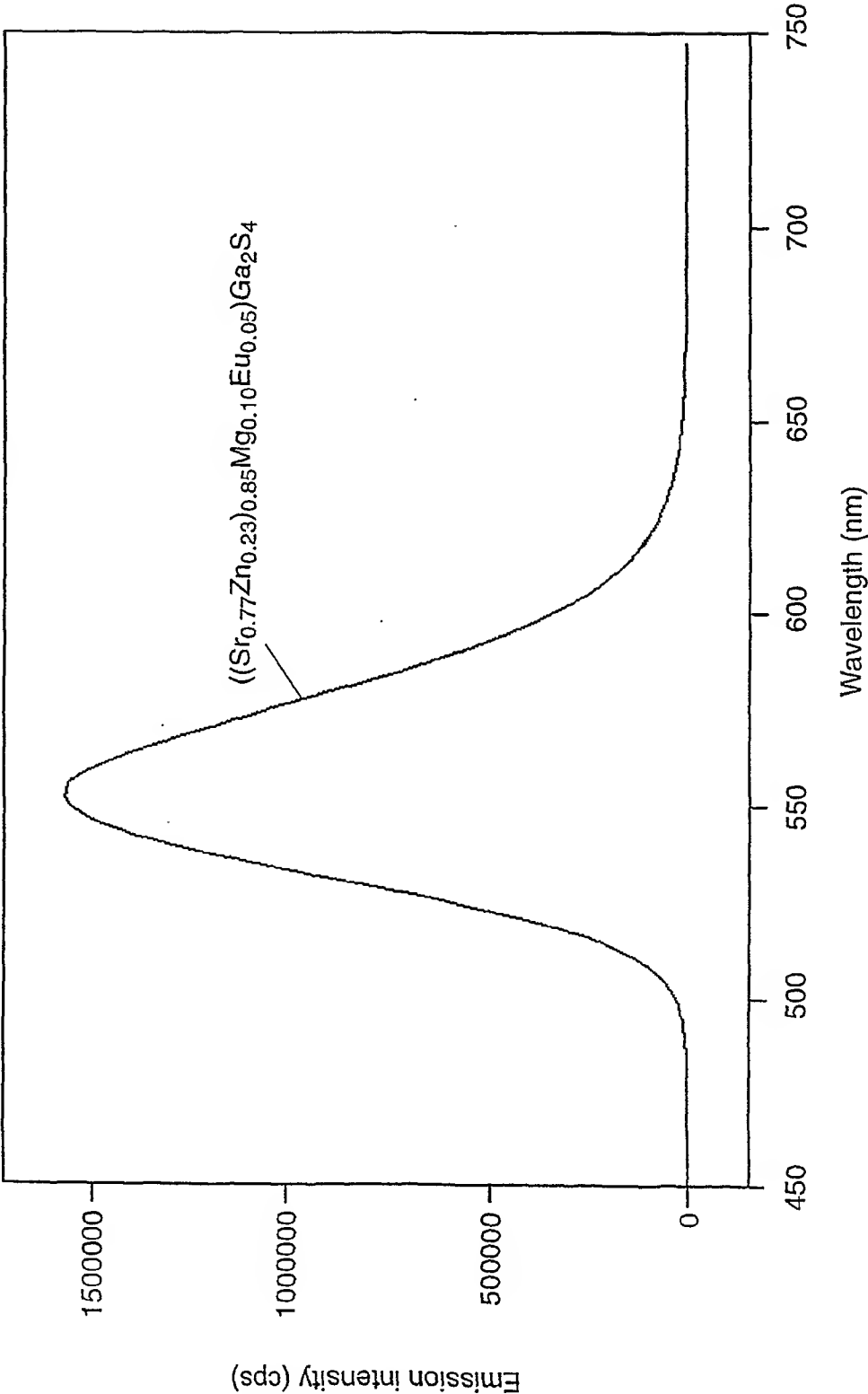


FIG. 1b



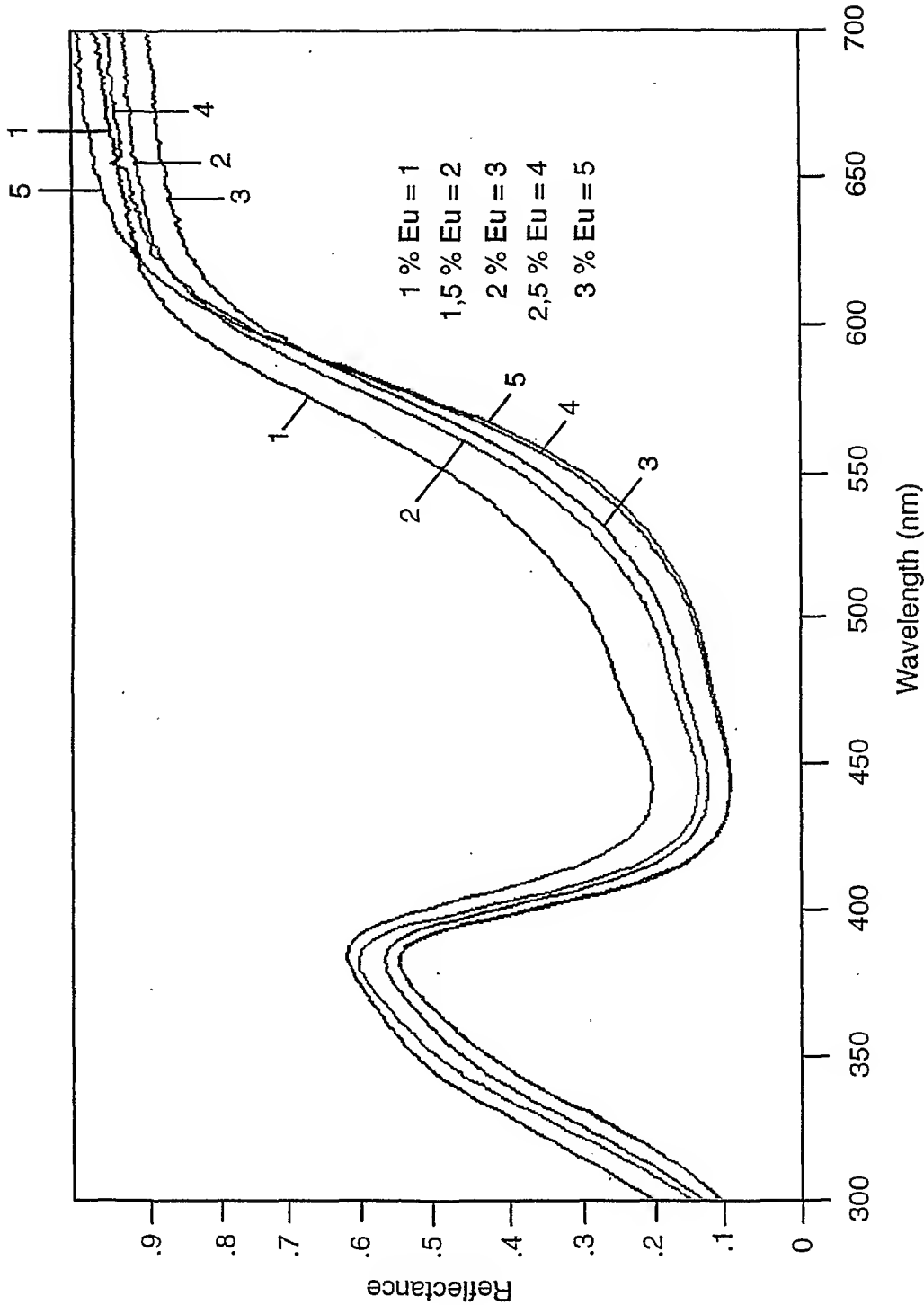


FIG. 2a

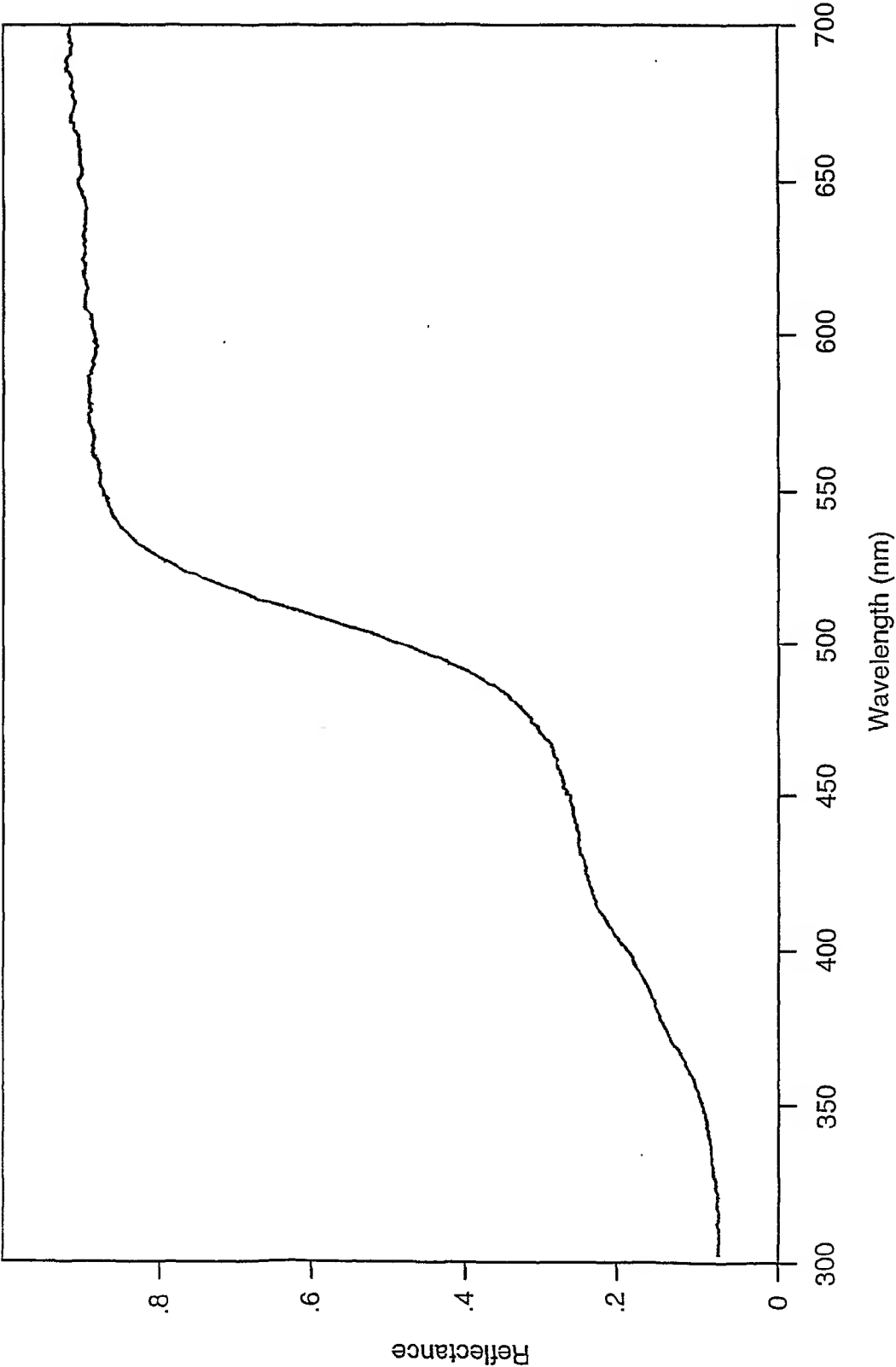


FIG. 2b

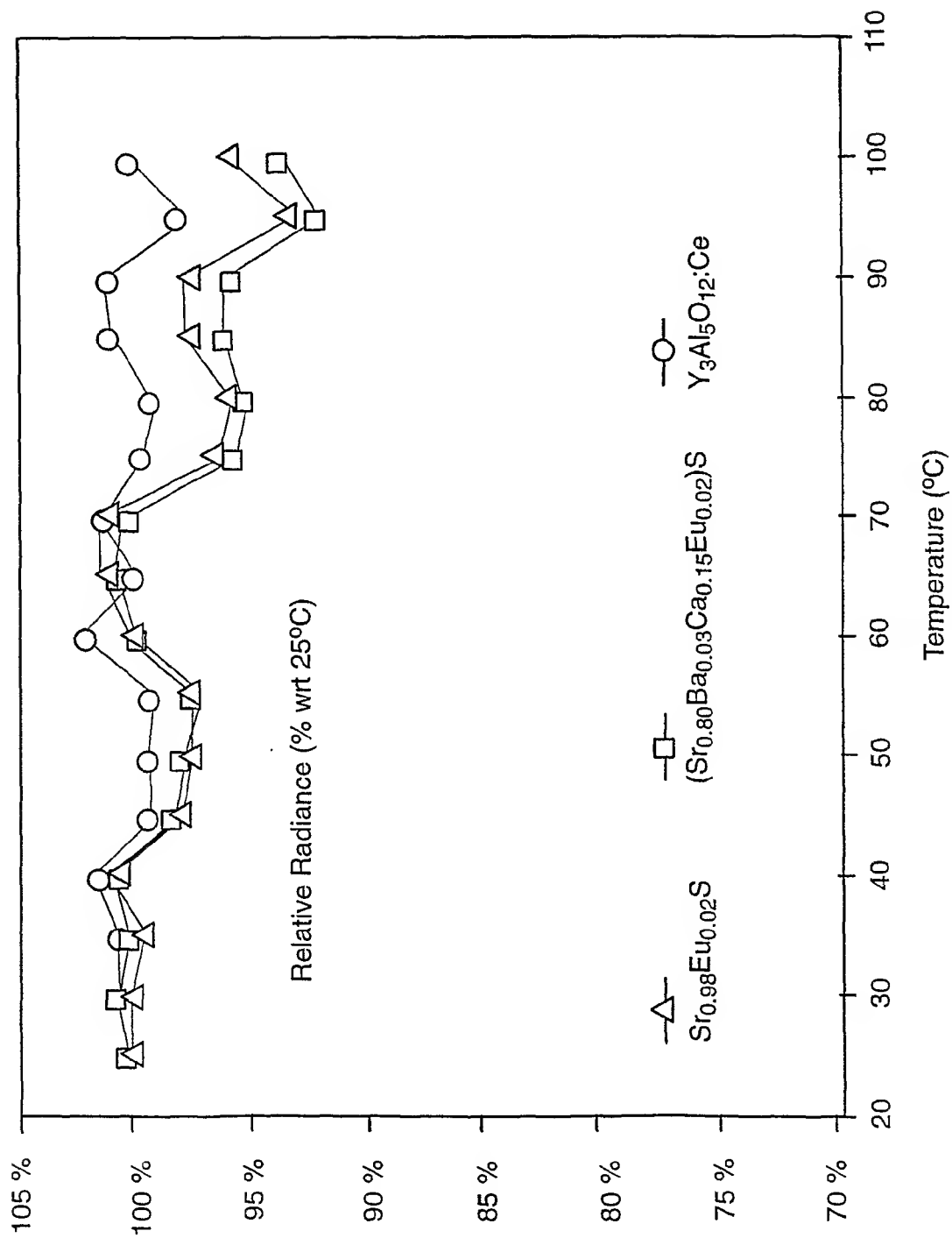


FIG. 3a

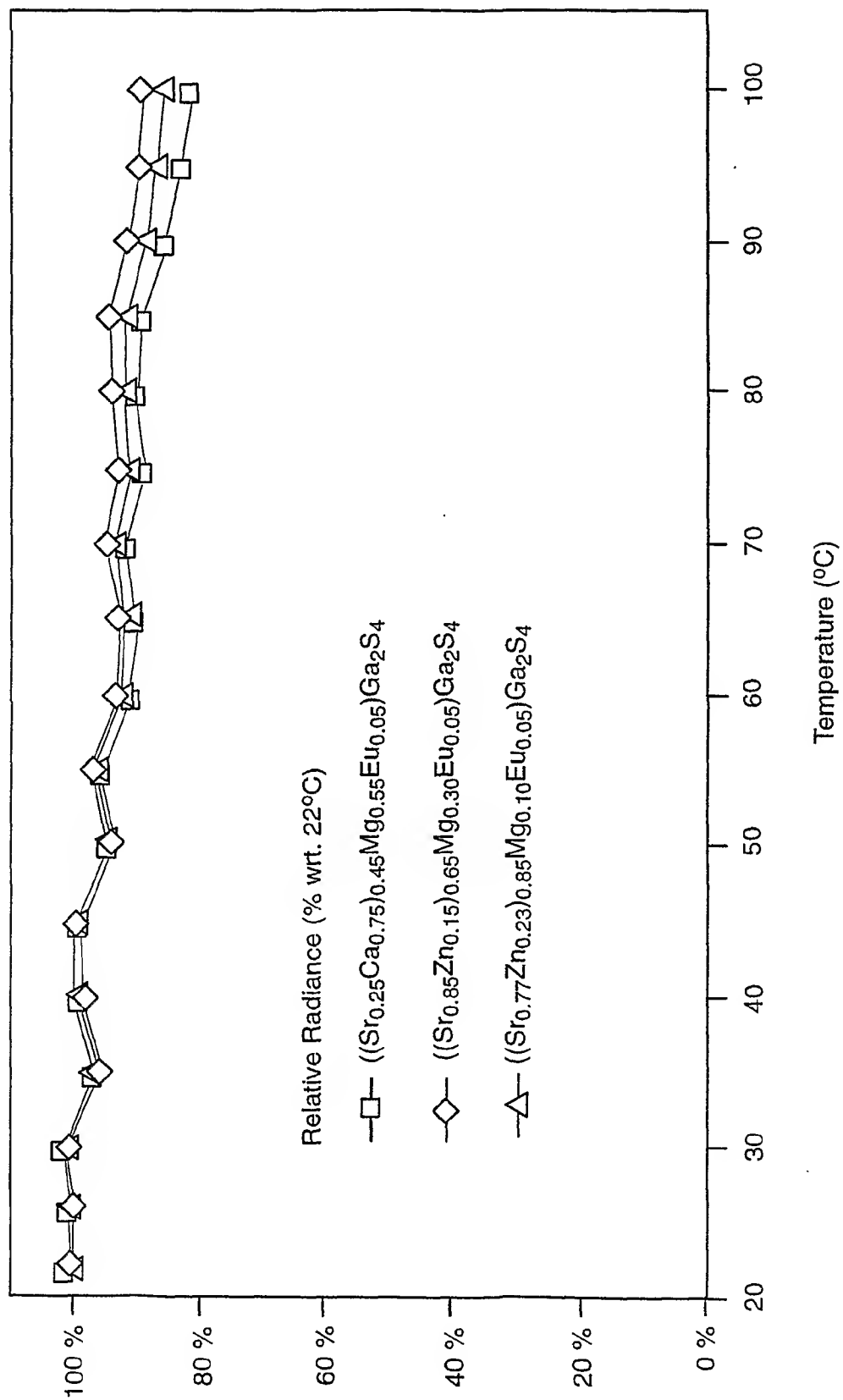


FIG. 3b

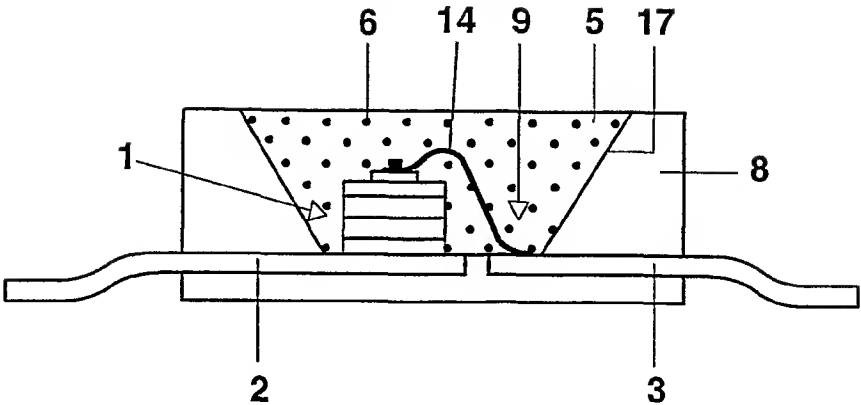


FIG. 4a

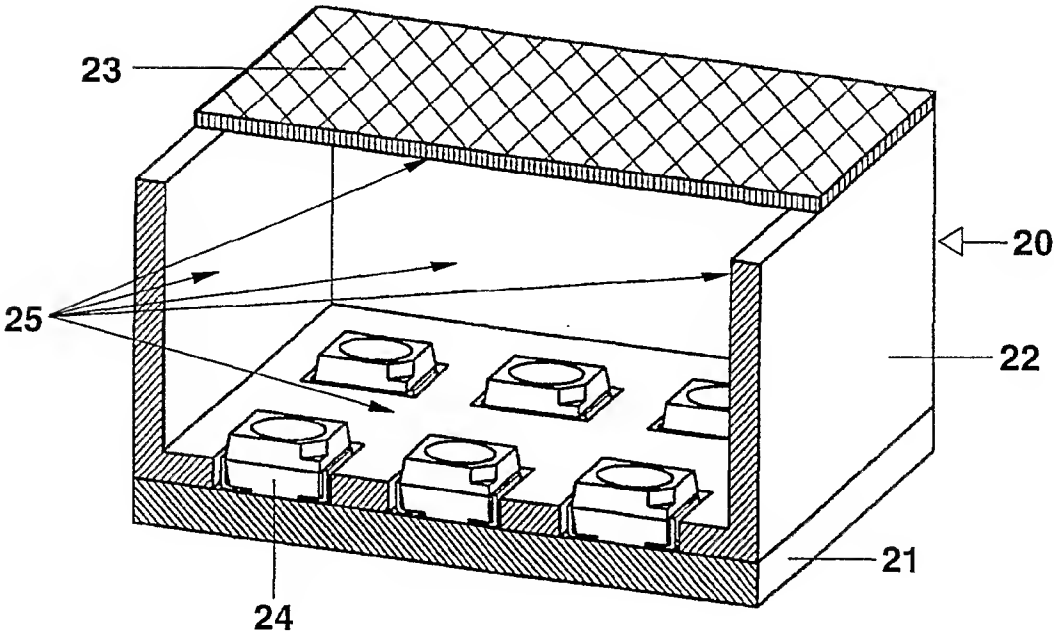


FIG. 4b

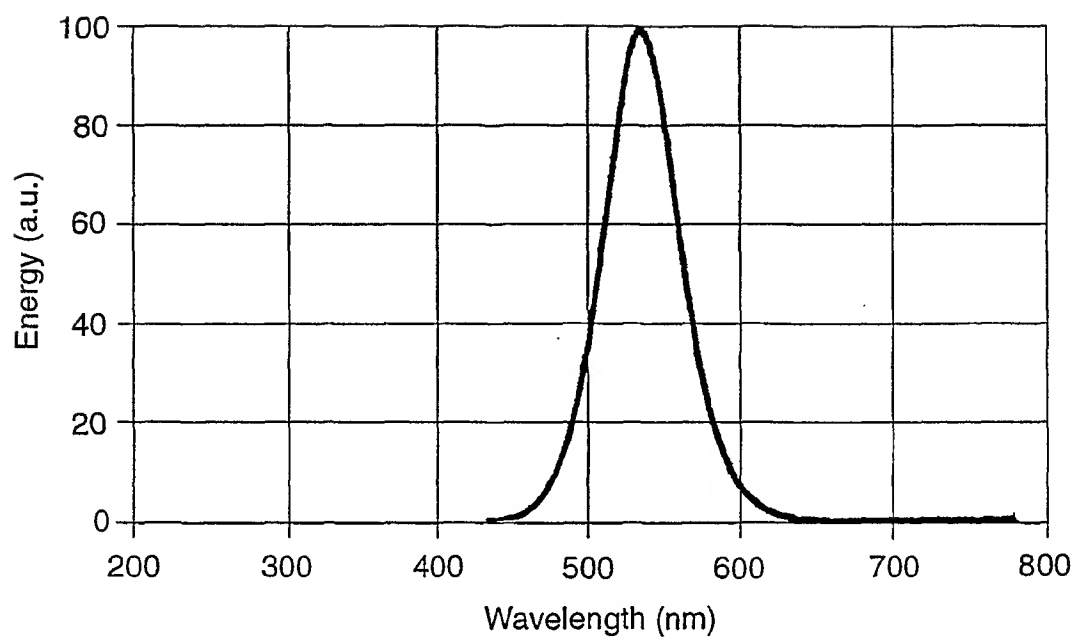


FIG. 5a

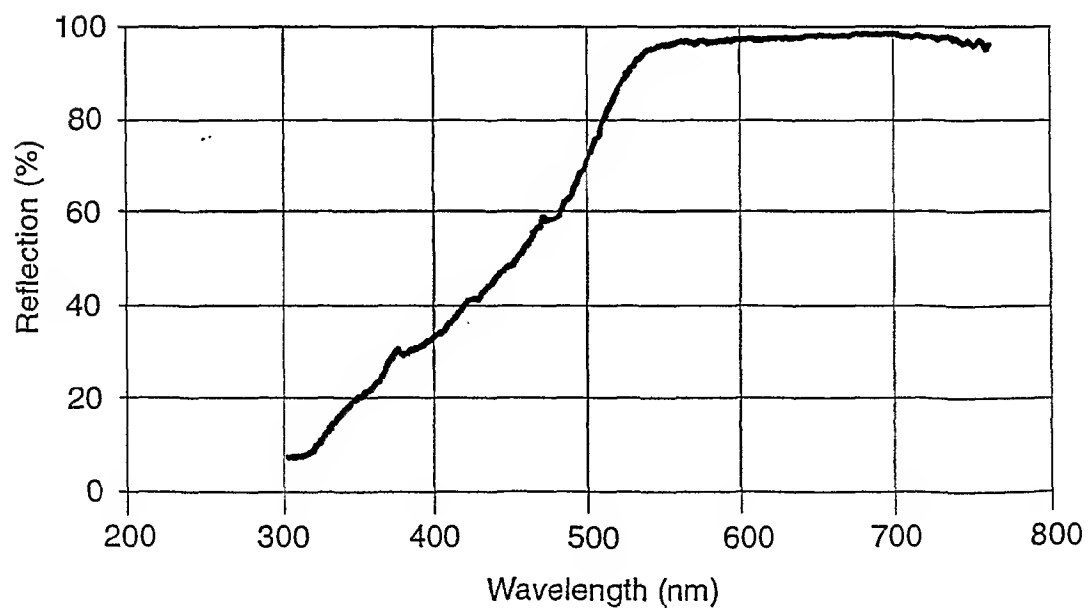
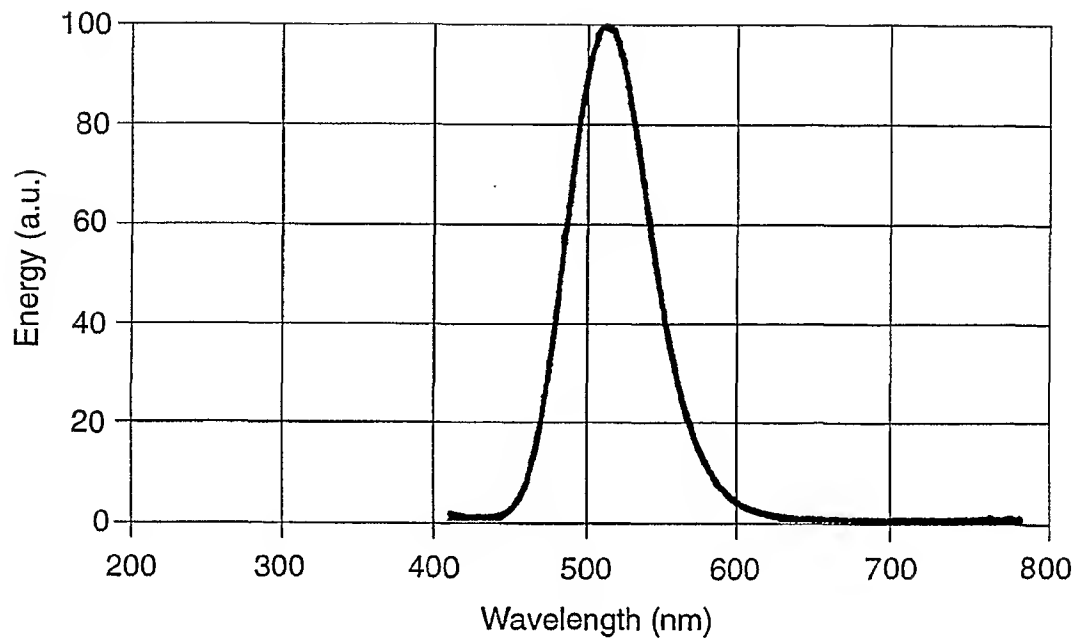
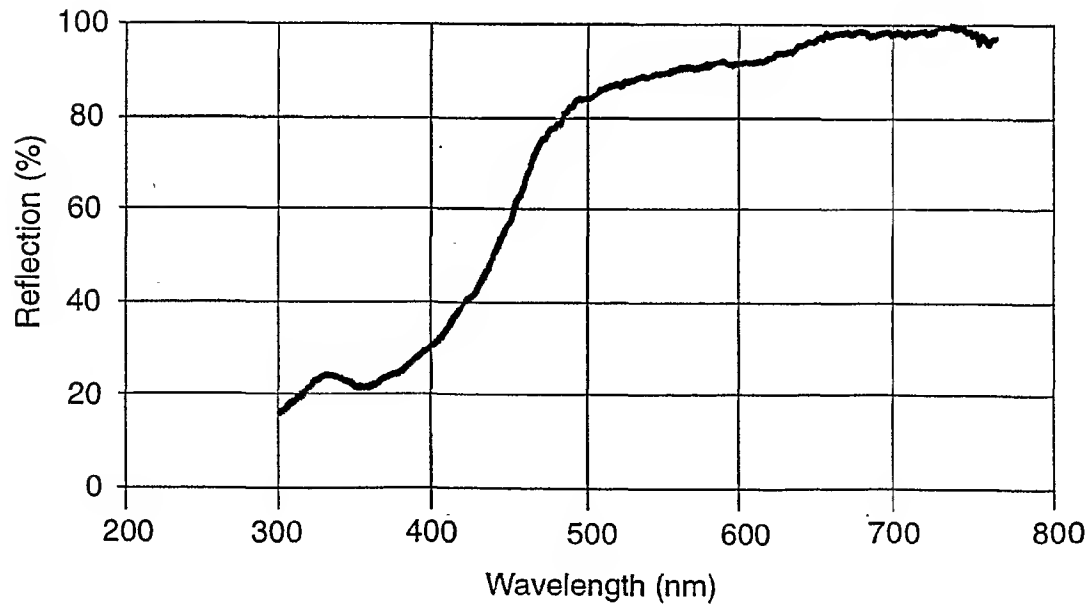


FIG. 5b

**FIG. 6a****FIG. 6b**

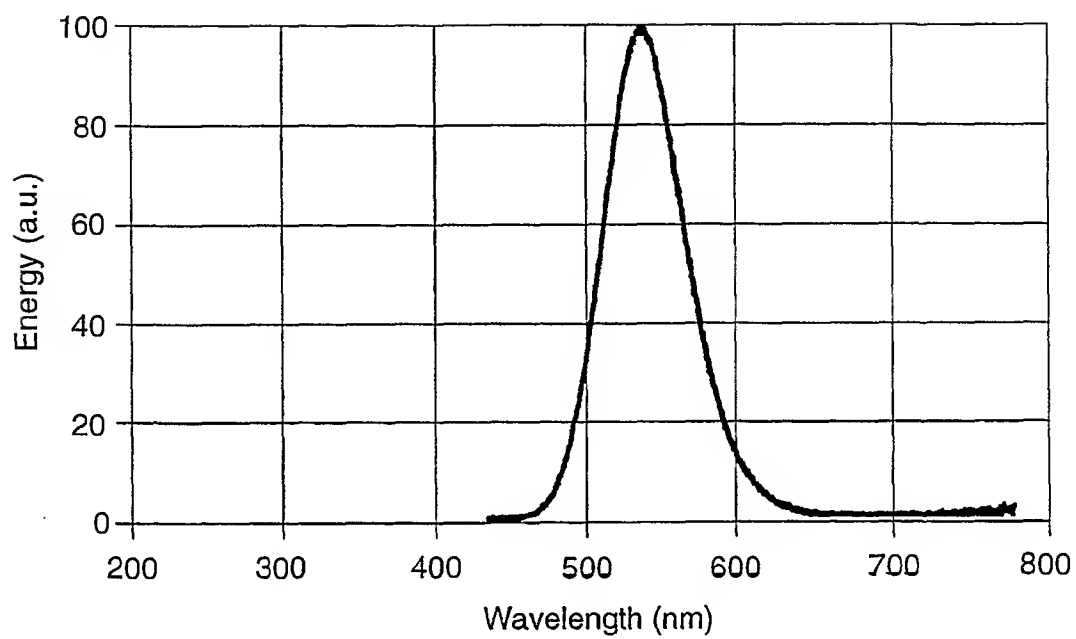


FIG. 7a

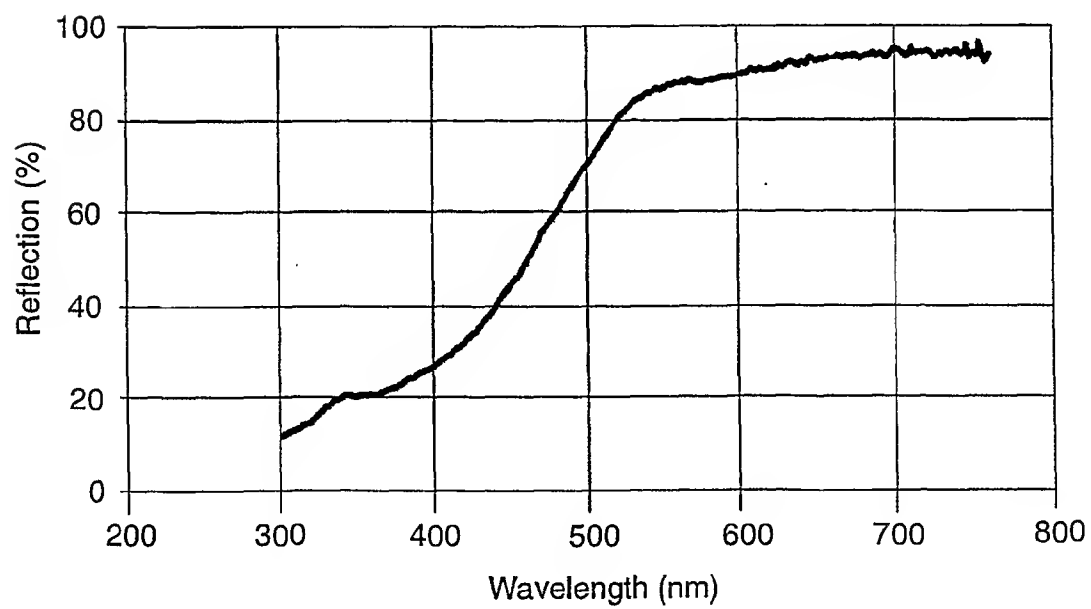
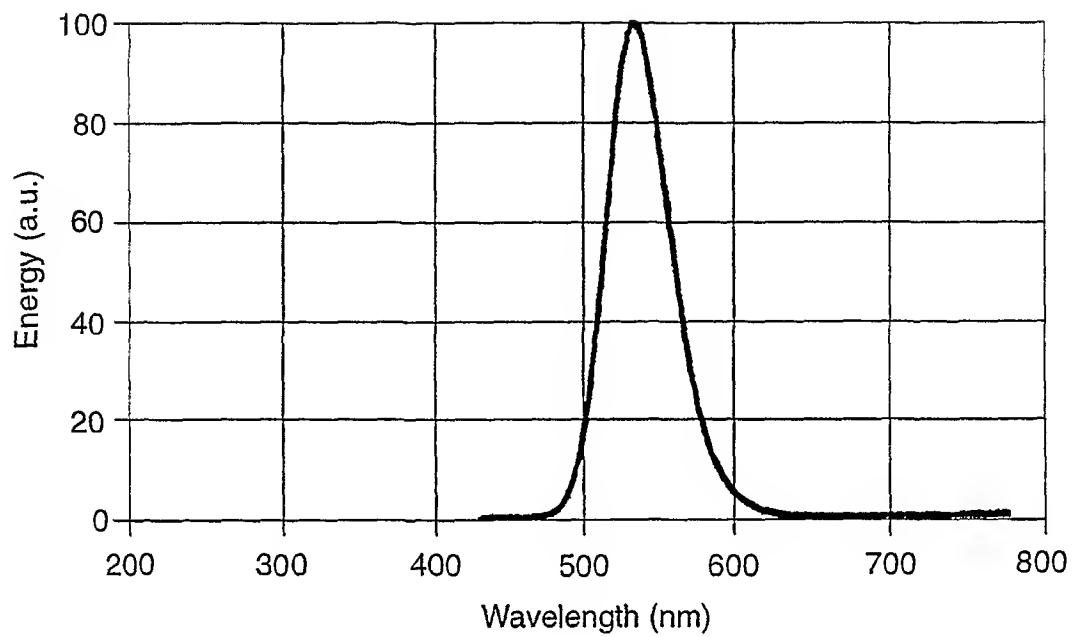
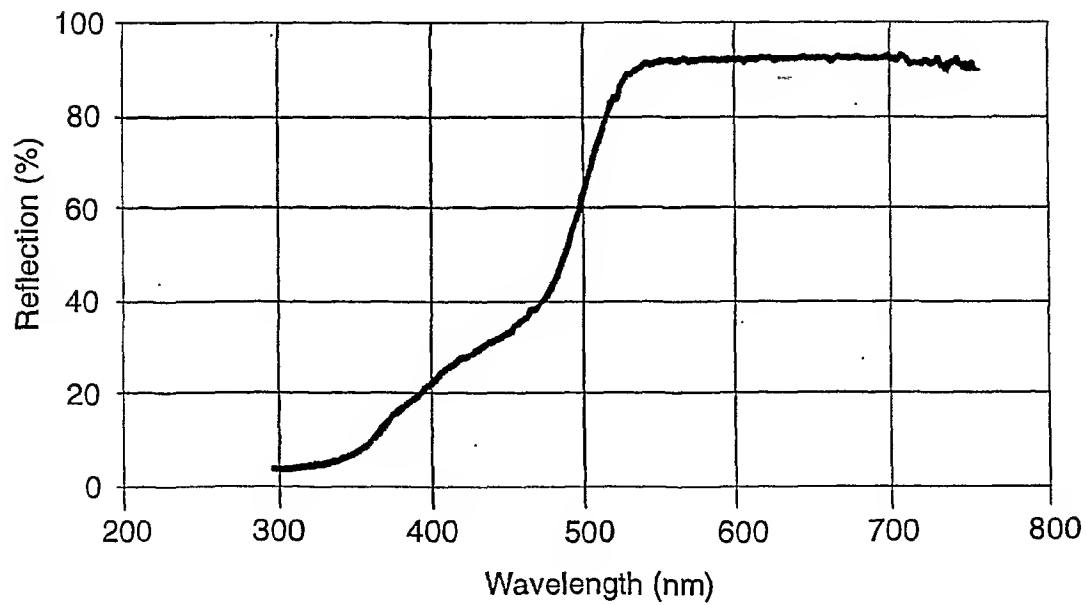
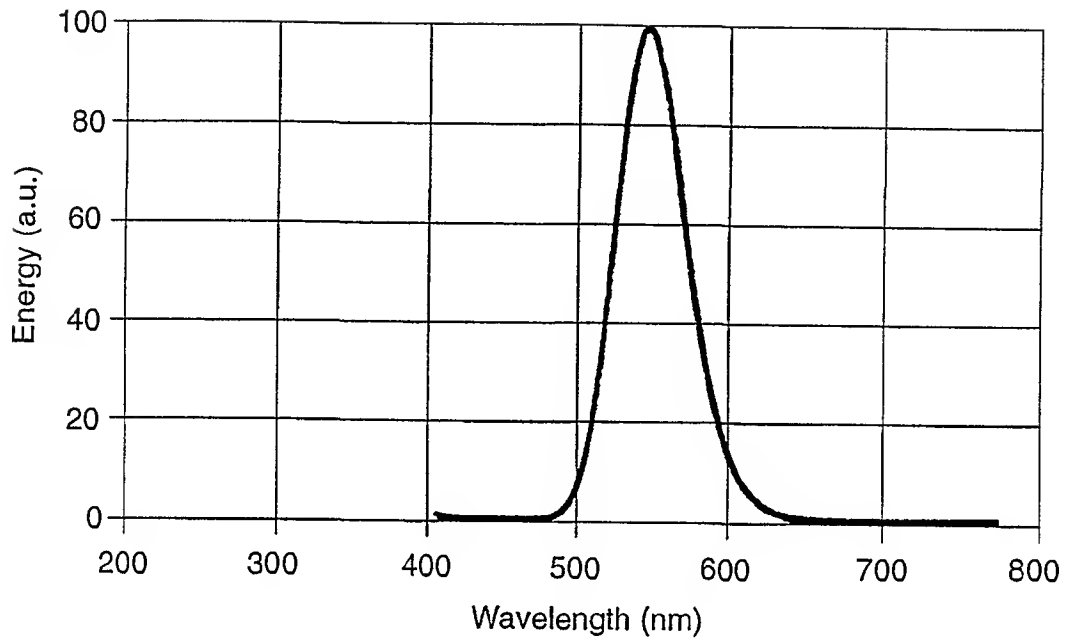
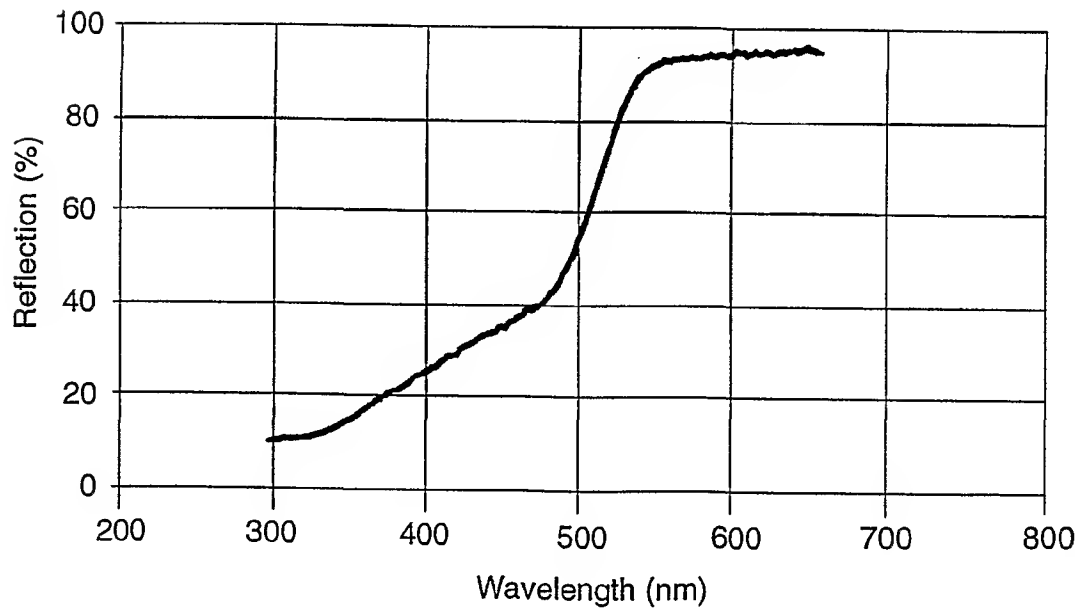
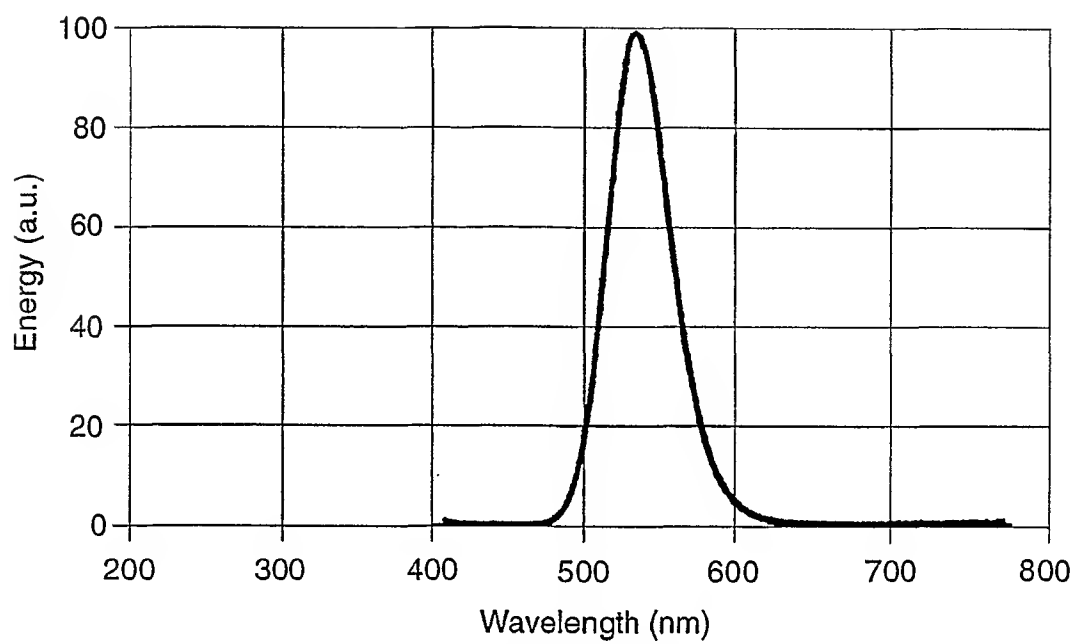
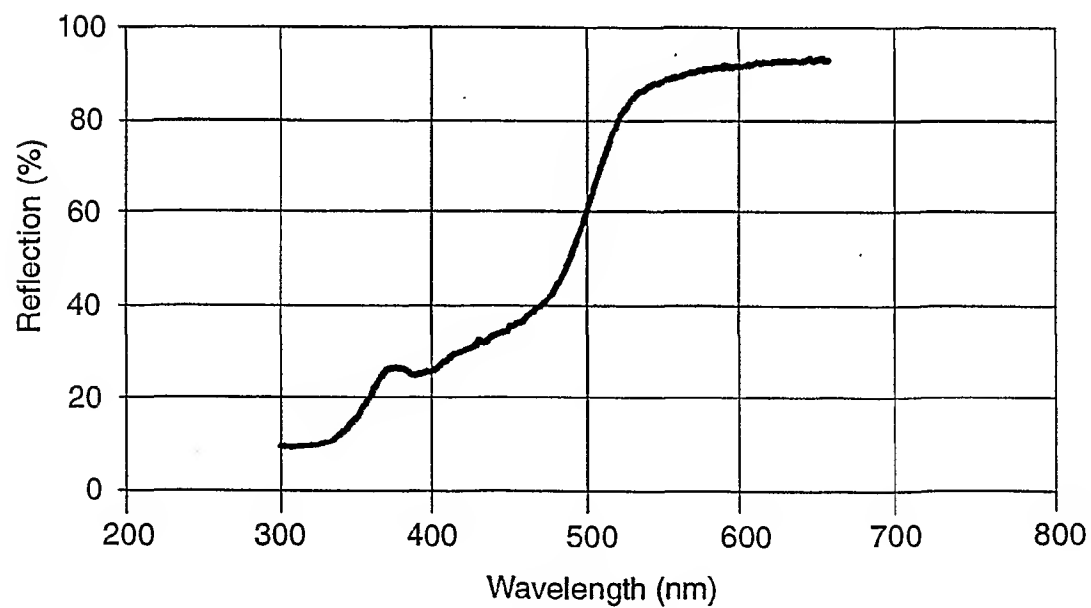


FIG. 7b



**FIG. 8a****FIG. 8b**

**FIG. 9a****FIG. 9b**

**FIG. 10a****FIG. 10b**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US01/23665

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC(7) : H01J 33/00, 1/62

US CL : 313/503, 512; 252/301.4R, 301.6S, 301.4S

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 313/503, 512; 252/301.4R, 301.6S, 301.4S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
NONEElectronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
NONE**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X ---	US 6,090,200 A (GRAY et al) 18 July 2000 (18.07.2000), column 5, line 26.	16, 18
Y		1, 12
Y	US 5,813,752 A (SINGER et al) 29 September 1998 (29.09.1998), column 1, lines 57-61.	1, 8, 12
X ---	US 5,641,582 A (NIRE et al) 24 June 1997 (24.06.1997), column 3, lines 31-35.	16, 18
Y		1
Y	US 5,847,507 A (BUTTERWORTH et al) 08 December 1998 (08.12.1998), column 2, line 55 - column 3, line 64.	1, 4, 5, 8, 9, 13
Y,P	US 6,155,699 A (MILLER et al) 05 December 2000 (05.12.2000), abstract.	1, 8
A,P	US 6,252,254 B1 (SOULES et al) 26 June 2001 (26.06.2001), see entire document.	1-29
A,P	US 6,153,123 A (HAMPDEN-SMITH et al) 28 November 2000 (28.11.2000), see entire document.	1-29



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

30 OCTOBER 2001

Date of mailing of the international search report

19 NOV 2001

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks

Box PCT

Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

Nimeshkumar D. Patel

Telephone No. (703) 308-0956

*Reue Linton*

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
7 February 2002 (07.02.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/11173 A1**

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: H01J 33/00, 1/62

(72) Inventors; and

(21) International Application Number: PCT/US01/23665

(75) Inventors/Applicants (for US only): DANIELSON, Earl [US/US]; 3840 Corina Way, Palo Alto, CA 94303 (US). ELLENS, Andries [NL/DE]; Hofangerstrasse 133, 81735 München (DE). JERMANN, Frank [DE/DE]; Rotkäppchenstrasse 98, 81739 München (DE). ROSSNER, Wolfgang [DE/DE]; Dekan-Imminger-Strasse 25, 83607 Holzkirchen (DE). DEVENNEY, Martin [US/US]; Apartment #3, 1957 California Street, Mountain View, CA 94040 (US). GIAQUINTA, Daniel [US/US]; Apartment #915, 395 Ano Nuevo Avenue, Sunnyvale, CA 94086 (US). KOBUSCH, Manfred [DE/DE]; Rudolf-Zorn-Strasse 4, 81739 München (DE).

(22) International Filing Date: 27 July 2001 (27.07.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
60/221,414 28 July 2000 (28.07.2000) US

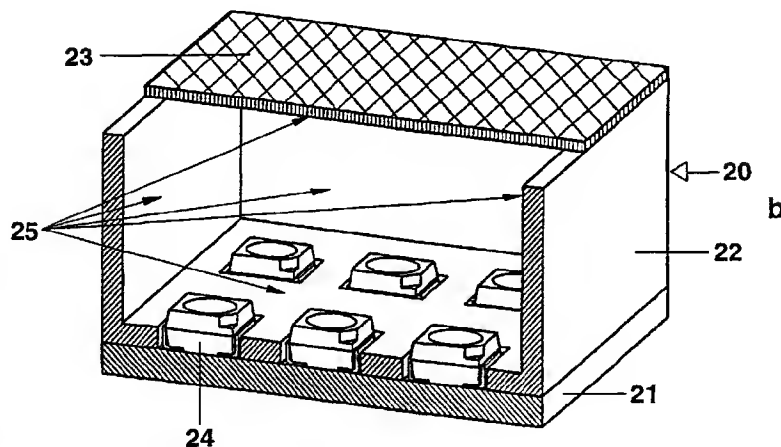
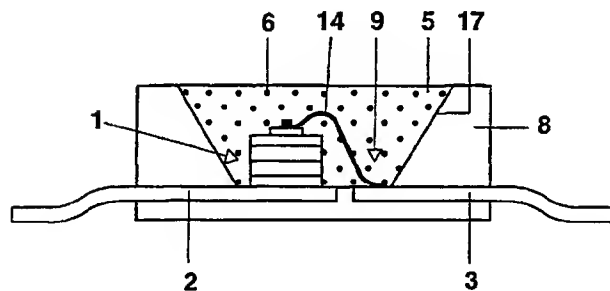
(71) Applicants (for all designated States except US): OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO.OHG [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regensburg (DE). SYMYX TECHNOLOGIES INC. [US/US]; 3100 Central Expressway, Santa Clara, CA 95051 (US).

(74) Agents: HOLTZ, Leonard et al.; Frishauf, Holtz, Goodman, Langer & Chick, P.C., 25th Floor, 767 Third Avenue, New York, NY 10017-2023 (US).

(81) Designated States (national): JP, US.

[Continued on next page]

(54) Title: LUMINESCENCE CONVERSION BASED LIGHT EMITTING DIODE AND PHOSPHORS FOR WAVELENGTH CONVERSION



(57) Abstract: A device for the generation of specific colored light including white light by luminescent down conversion and additive color mixing based on a light-emitting diode "LED"(1) comprising a semiconductor light-emitting layer emitting near UV light about 370-420 nm or blue light about 420-480 nm and phosphors (6) which absorb completely or partly the light emitted by the light-emitting component and emit light of wavelengths longer than that of the absorbed primary light, wherein the light emitting layer of the light emitting component is preferably a Ga(In)N-based semiconductor; and at least one of the phosphors (6) contains a metal sulfide fluorescent material activated with europium containing at least one element selected from the group consisting of Ba, Sr, Ca, Mg and Zn; and/or at least another phosphor (6) which contains a complex thiometalate fluorescent material activated with either europium, cerium or both europium and cerium containing at least one element selected from the group consisting of Ba, Sr, Ca, Mg and Zn; and at least one element selected from the group consisting of Al, Ga, In, Y, La and Gd.

WO 02/11173 A1



**(84) Designated States (regional):** European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

— *with amended claims*

**Date of publication of the amended claims:** 28 March 2002

**Published:**

— *with international search report*

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

## AMENDED CLAIMS

[received by the International Bureau on 18 January 2001 (18.01.02);

Claims 16 – 23, replaced by new claims 16 – 23; claims 1-15 and 24-29, unchanged  
(1 page)]

16. A phosphor which absorbs radiation having a first spectrum and emits radiation having a second spectrum, the phosphor comprising: a photoluminescent metal sulfide MS (Type I phosphor) of the formula  $(\text{Sr}_{1-x-y} \text{M}_x \text{Eu}_y)\text{S}$  with M is at least one of Ba, Mg, Zn alone or in combination with Ca and  $0 < x \leq 0.5$  and  $0 < y \leq 0.10$ ,  
or a photoluminescent phosphor comprising a complex metal thiometallate photoluminescent material  $\text{M}^*\text{N}^*_2\text{S}_4$  (type II phosphor) comprising of at least one element selected from the group  $\text{M}^* = \text{Mg}, \text{Zn}$ , alone or in combination with at least one of Ba, Sr, Ca, and at least one element selected from the group  $\text{N}^* = \text{Al}, \text{Ga}$ , alone or in combination with In, Y, La, Gd,  $\text{N}^*$  being activated with at least one of europium (Eu) and cerium (Ce).
17. A phosphor composition comprising at least one of the phosphors of type I and one of the phosphors of type II in accordance with claim 16.
18. A phosphor in accordance with claim 16 wherein M is one of Ba, Mg or Zn.
19. A phosphor in accordance with claim 16 wherein the phosphor is the type I according to  $(\text{Sr}_{1-x-y} \text{M}_x \text{Eu}_y)\text{S}$  with M is at least one of Ba, Mg, Zn alone or in combination with Ca and  $0 < x \leq 0.5$  and  $0 < y \leq 0.10$ .
20. A phosphor in accordance with claim 19 wherein the phosphor is according to  $(\text{Sr}_{1-x-y} \text{Ba}_x \text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x \leq 0.25$ .
21. A phosphor in accordance with claim 19 wherein the phosphor is according to  $(\text{Sr}_{1-x-z-y} \text{Ca}_x \text{Ba}_z \text{Eu}_y)\text{S}$  with  $x + y + z \leq 0.35$ .
22. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor composition is according to  $\text{M}^*\text{N}^*_2\text{S}_4:\text{Eu}, \text{Ce}$  (type II phosphor) with  $\text{M}^*$  is at least one of  $\text{M}^* = \text{Mg}, \text{Zn}$  alone or together with at least one of Ba, Sr, Ca, and  $\text{N}^*$  is at least one of  $\text{N}^* = \text{Al}, \text{Ga}$ , alone or together with small proportions (below 20%) of In, Y, La, Gd.
23. A phosphor in accordance with claim 16, wherein the phosphor is of type II phosphor containing Mg as one of the host lattice elements

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
21 March 2002 (21.03.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/23962 A2**

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **H05K 3/10**

(21) International Application Number: PCT/IL01/00869

(22) International Filing Date:  
13 September 2001 (13.09.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
138530 18 September 2000 (18.09.2000) IL

(71) Applicant (*for all designated States except US*): **A.L.T. ADVANCED LASER TECHNOLOGIES LTD.** [IL/IL];  
Old Industrial Zone, 10550 Migdal Haemek (IL).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (*for US only*): **BROOK-LEVINSOHN, Edward** [IL/IL]; 11 Hana Senesh Street, 49507 Petah Tikva 49507 (IL). **KOGAN, Michael** [IL/IL]; 9 Havradim Street, 20306 Nesher (IL).

(74) Agent: **REINHOLD COHN AND PARTNERS**; P.O.B. 4060, 61040 Tel Aviv (IL).

(81) Designated States (*national*): AF, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PII, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

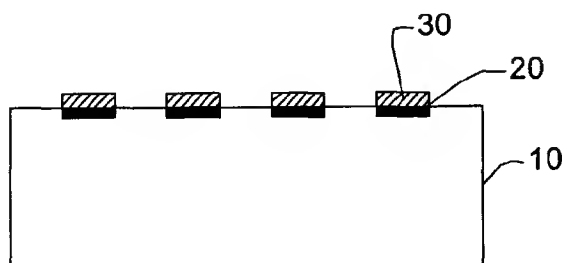
(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Published:**

— without international search report and to be republished upon receipt of that report

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

(54) Title: METHOD FOR THE FORMATION OF A PATTERN ON AN INSULATING SUBSTRATE



(57) Abstract: The present invention provides a method of forming a pattern on an insulating substrate, the method comprising the steps of: providing an insulating substrate made of organic polymer; and treating the substrate with a laser beam so as to irradiate selective portions of the substrate in accordance with the pattern to be formed. Upon laser treatment, the irradiated portions of the substrate undergo a modification, for example undergo ablation and/or become conductive due to carbonization and/or graphitization of the substrate material. The method of the invention may be used in the manufacture of printed circuit boards. In such cases, the laser treated substrate is further exposed to an electroless metal plating step

and/or to a galvanic deposition step for the selective deposition of metal on the irradiated areas.



- 1 -

## METHOD FOR THE FORMATION OF A PATTERN ON AN INSULATING SUBSTRATE

### FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to a method for the formation of a pattern on a substrate surface and more particularly to the use of such method in the fabrication of printed circuit boards.

### 5 BACKGROUND OF THE INVENTION

A printed circuit board (PCB) usually consists of a substrate made of dielectric material such as epoxy, polyimide or the like, typically glass-reinforced, carrying a pattern of conductors on one or both of its surfaces.

Numerous techniques have been developed for forming the conductor  
10 pattern of PCBs. At present, these patterns are effected almost exclusively with photosensitive coatings referred to as photoresists. Depending on their chemical structure, they may serve as either negative or positive resists, i.e. may either polymerize (harden) or decompose into soluble constituents upon exposure to high energy radiation.

15 For PCB technology with geometries on the order of mils, UV photolithography is the most common used process. In such process the imagewise exposure of the photoresist film, i.e., the exposure of only selected portions of it to UV light irradiation to produce the desired latent image, is predominantly effected with an appropriately patterned mask (phototool) which permits passage of UV  
20 light therethrough to the film, only in the desired locations. After exposure the

- 2 -

latent image can be developed to provide the desired resist pattern.

In recent years, attention has been directed to so-called "direct imaging" techniques, employed in the production of both PCBs and printing plates. In these techniques, the exposure of selected areas of the resist film to the activating  
5 radiation needed to bring about the required changes in the film composition does not utilize a radiation source directed through a mask, but rather employs a suitably focused laser beam of appropriate wavelength light, which directly scans the resist film in a predetermined, computer-controlled, manner - see, for example, U.S. Patent No. 4,724,465 and US Patent No. 6,090,529. While such  
10 techniques offer potential advantages in resolution capability and avoidance of defects sometimes caused by imperfect phototool artwork and/or by operator handling of phototools, those developed to date are too slow for mass production and require expensive resists

The above methods involve a considerable number of steps, making them  
15 time-consuming and expensive.

A method for manufacturing a resistance element on the surface of a non-conductive layer is described in US 4,489,230. In this method, the base layer is irradiated by a laser beam through a laser beam transmitting film. The irradiated portions of the base layer are carbonized, thereby forming resistance elements, i.e.  
20 elements of high electrical resistance, used in an electric or electronic circuit.

## SUMMARY OF THE INVENTION

It is an object of the present invention to provide a simplified method for forming a desired pattern on an insulating substrate without reliance upon  
25 photosensitive materials or compositions, thus obviating the use of numerous operational steps.

A further object of the present invention is to provide a simplified method for producing conductive pathways on an insulating substrate.

- 3 -

Thus, the present invention provides a method of forming a pattern on an insulating substrate, the method comprising the steps of:

- a) providing an electrically-insulating substrate made of organic polymer;
  - b) treating the substrate with a laser beam so as to irradiate selective portions of the substrate in accordance with the pattern to be formed, the laser beam being capable of modifying the irradiated portions of said substrate, thus forming a pattern of modified areas spaced by insulating areas of the substrate. The irradiated portions of the substrate undergo a modification upon the laser treatment, for example they become more conductive, due to carbonization and/or graphitization.
- 10 The substrate is exposed to a laser beam either through a mask capable to selectively transmit the laser beam or scanned in a direct write technique, i.e. a software program drives a laser beam in a predetermined, desired manner.

According to another aspect, the present invention provides a method for manufacturing a printed circuit board (PCB), the method comprising the steps of:

- a) providing an electrically-insulating substrate made of organic polymer;
- b) treating said substrate with a laser beam so as to irradiate selective portions of the substrate in accordance with the pattern to be formed, the laser beam being capable of modifying the irradiated portions of said substrate, thus forming a pattern of modified areas spaced by insulating areas of the substrate; and
- c) coating said modified areas obtained in step b) above with a metal layer so as to obtain a conductor circuit pattern.

According to a preferred embodiment, the irradiated portions of the substrate undergo carbonization and/or graphitization, thus forming a pattern of carbonized and /or graphitized, conductive areas spaced by insulating areas

The PCB produced by the above method constitutes a further aspect of the invention.

– 4 –

**BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**

In order to understand the invention and to see how it may be carried out in practice, a preferred embodiment will now be described, by way of non-limiting example only, with reference to the accompanying drawings, in which:

5       **Fig. 1** is a schematic representation of a known photolithographic process.

**Fig. 2A** is a schematic representation of a substrate processed by the method of the invention.

**Fig. 2B** is a schematic representation of a substrate processed by the method of the invention, which was further exposed to a metal deposition step.

10   **DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION**

      The basic steps of a known photolithographic process for producing a PCB are outlined in **Fig.1**. A photoresist material is applied as a thin coating over a dielectric substrate, for example epoxy substrate, having a metal layer (e.g. copper) covering one or both of its faces. The resist material is exposed in an imagewise  
15 fashion (through a mask) such that light strikes selected areas of the resist material. Depending upon the chemical nature of the resist material, the exposed areas may be rendered more soluble in a developing solvent than the unexposed areas, thereby producing a positive image of the mask. Conversely, the exposed areas may be rendered less soluble producing a negative image of the mask. The metal areas not  
20 protected by resist are etched down to the dielectric substrate surface, whereupon subsequent removal of the resist reveals the desired conductor pattern. Other common techniques include activation and metal deposition steps after the treatment with a developing solvent.

      From the above description it is clear that known methods for producing  
25 PCBs involve numerous steps, making them time-consuming and expensive, especially in comparison to the present invention.

      According to the present invention, the irradiating laser beam causes modification of irradiated portions of the substrate. Such modification consists in physical and/or chemical change of the substrate material, for example ablation or

– 5 –

transformation of the irradiated areas of the substrate into areas having significantly higher conductivity compared to the insulating substrate made of organic polymer.

The laser beam selectively forms a desired pattern in the substrate by causing carbonization and/or graphitization and/or ablation of the organic material of the substrate only in irradiated areas. A schematic representation of a substrate processed by the method of the present invention is showed in **Fig. 2A**. Thus, a polymeric substrate **1** is irradiated by a focused laser beam which generates very high temperatures in the irradiated regions, so that the substrate is modified in those regions. The modified regions **2** of the substrate preferably become conductive due to the formation of carbonized and/or graphitized structures. Depending on the substrate used, the depth of the carbonized and/or graphitized and/or ablated areas of the substrate ranges from about 1  $\mu\text{m}$  to about 200  $\mu\text{m}$ , preferably from 1  $\mu\text{m}$  to about 20  $\mu\text{m}$ . The term “carbonization and/or graphitization process” used herein describes a process where heating permits the transformation of organic material into carbonized or graphitized structures or any mixtures thereof.

Organic material is usually carbonized at temperatures in the range of 800-1200°C and graphitized at higher temperatures, in the range of 1200-3500°C. The physical properties of carbonized material are different than those of graphitized material since carbon is amorphous and has high electrical resistance, while graphite is a crystalline material with hexagonal structure, possesses relatively low electrical resistance or relatively high electrical conductivity. Mixtures of carbonized and graphitized material include a wide range of materials varying in conductivity and varying in structure.

The substrate may be exposed to the laser beam either through a mask capable to transmit the laser beam or in a direct write mode, i.e. the laser beam being conducted by a software program in a predetermined, desired manner. The preferred source of high energy required for the carbonization and/or graphitization process and/or ablation is a laser capable of producing thermal energy, such as diode, carbon dioxide laser or Neodymium-Yag laser, etc. For industrial-scale production of products such as PCBs, where speed of processing is of high

- 6 -

importance, energy sources of high intensity will be preferred, such that the required chemical transformation of the substrate material occurs in a rapid manner.

In a most preferred embodiment of the invention, the method of the invention enables the fabrication of PCBs, obviating the use of photoresists and processing steps related thereto. **Fig. 2B** schematically illustrates a substrate which was processed according to the present invention and further exposed to a metal deposition step so as to form a conductive pattern, for example a PCB. The laser beam supplies a highly localized heat which induces carbonization and/or graphitization and/or ablation. Thus, a dielectric substrate **10** is exposed to a laser beam which supplies a highly localized heat which induces carbonization and/or graphitization and/or ablation to produce a desired pattern of modified regions **20** spaced apart by insulating regions of the substrate. Suitable substrates for use in the process of the present invention are polymeric materials used as substrates in the PCB industry. Non-limiting examples of such polymeric materials are epoxy polymers, polyesters, polyimides, liquid crystal polymers (LCP), or fluoropolymers. In order to increase the absorption of energy supplied by the laser, the polymeric substrate may comprise various additives, for example dyes, pigments, binders and fillers.

After laser exposure, the patterned substrate is subjected to a coating procedure. The coating may be carried out by known processes, for example by placing the substrate in a standard electroless deposition bath and/or by subjecting it to an electroplating process so as to obtain areas **30** of metal (e.g. copper) deposition on the modified, preferably conductive, areas of the substrate.

In the fabrication of PCBs, the laser beam may have a dual function, namely forming a pattern of modified areas spaced apart by insulating areas and during the same operation, also drilling necessary holes through the substrate, thus enabling the formation of vias. The walls of the vias are then provided with a metal coat during the electroless plating and/or electroplating of the entire patterned substrate, as explained above, so as to establish electrical conduction between the top and bottom of each via.

- 7 -

The process described above has been employed to produce patterns with resolution of 1 mil or even less.

The process of the present invention is further illustrated hereinafter with reference to some non-limiting Examples.

5

## EXPERIMENTAL

**Substrates:** standard materials used in the preparation of PCBs by conventional technology. Examples of such materials are epoxy glass (FR-4) having a  
10 thickness of 1.5 mm, or polyimide films (Kapton) having a thickness of 180 microns.

**Laser source:** Nd:YAG laser having a wavelength of 1064 nm, impulse frequency from 0 to 75 kHz, impulse duration of 70ns-100µs, power 3W-CW,  
15 and pulse energy for kHz: 3mJ.

**Laser Treatment:** The treatment was carried out in the air or under an inert atmosphere, with a scanning rate ranging from 5 to 200 m/min. The selected laser treatment mode provided ablation of the surface layer of the substrate to a depth  
20 of ~0.01-100 µm. The treated zone had the form of straight grooves and any required length.

**Chemical Treatment:** after laser irradiation, the surfaces of the grooves were subjected to electroless plating for obtaining thick layers of copper on the  
25 surfaces of the grooves. Before the metal deposition the irradiated surfaces were subjected to at least one of the following pretreatments: a) activation with PdCl<sub>2</sub> 5-10 g/l; b) sensibilization with a solution containing 10-50 g/l SnCl<sub>2</sub> and 10-15 ml/l HCl, and c) treating with an ammonium solution of copper hypophosphite.

– 8 –

The electroless plating solution contained:

Copper sulfate – 25-35 g/l

TRILON B – 80-90 g/l

Sodium hydroxide – 30-40 g/l

5 Sodium carbonate – 20-30 g/l

Stabilizers – 0.1-0.15 g/l

Formaldehyde (sol. 40%) – 20-25 ml/l

The pH of the above solution was 12.6-12.8. The copper deposition process was carried out during various periods of time, from several minutes to a  
10 few hours, to obtain copper conductors having a thickness of up to 50-60  $\mu$ .

In order to obtain layers of copper with a higher thickness, the coating was carried out by a combined chemical and galvanic method called the Acid Copper Plating (ACP) method. ACP was carried out in a solution regularly used for  
15 acidic deposition of copper coatings. The composition and other parameters of the solution and the process were as follows:

Copper sulphate 230.0 g/l

Sulfuric acid 50 g/l

Sodium chloride 30 mg/l

20 Temperature 25°C

Current 3 A/dm<sup>2</sup>.

The current value was calculated according to the total surface area of the substrate to be coated. The copper deposition lasted for 20 min.



## Results

Grooves were formed upon subjecting a substrate, for example an epoxy glass substrate or polyimide substrate such as KAPTON, to laser treatment. As a result, a graphite layer was formed on the internal surface of the grooves and their edges. The width of the groove, depending on the irradiation mode, achieved 10 to 150  $\mu\text{m}$ .

The specific electrical resistance of the graphite layer formed upon laser irradiation was approx. 220 Ohm\*cm while that of the epoxy glass was  $10^9 \div 10^{10}$  Ohm\*cm.

The irradiated portions were subjected to a plating process, using acid copper plating process and a layer of electrolytic copper was formed on the surface of the modified (graphitized) layer, having a thickness of several microns to a few dozen microns.

One of the important characteristics of a conductive pattern prepared by the method of the present invention, is the adhesion in substrate-graphite and graphite-copper systems.

To determine the adhesion, the following study was carried out: a copper wire having a diameter of 0.2 mm was soldered to the surface using tin solder. After that, a peeling test was carried out. The surface area of the contact between the copper and the substrate was approximately constant and equaled  $\sim 0.03 \text{ cm}^2$ . The results of the tests are presented in Table 1.

– 10 –

Table 1. Results of the peeling test for different samples.

No	Substrate Material	Peeling Force, g	Boundary	Specific Peeling Force, g/cm <sup>2</sup>
1.	Epoxy Glass	60	Epoxy/graphite	2000
2.	Epoxy Glass	50	epoxy/graphite	1700
3.	Epoxy Glass	320	graphite/copper	10700
4.	Epoxy Glass	340	graphite/copper	11300
5.	Graphite Electrode	400	graphite/copper	13300
6.	Copper	464	tin/copper	15500

5

The present invention has been described with a certain degree of particularity, but those versed in the art will readily appreciate that various alterations and modifications may be carried out without departing from the scope of the following claims.

- 11 -

**CLAIMS:**

1. A method of forming a pattern on an insulating substrate, the method comprising the steps of:
  - a) providing an insulating substrate made of organic polymer;
  - 5 b) treating said substrate with a laser beam so as to irradiate selective portions of the substrate in accordance with the pattern to be formed, the laser beam being capable of modifying the irradiated portions of said substrate, thus forming a pattern of modified areas spaced by insulating areas of the substrate.
- 10 2. A method according to claim 1, wherein said irradiated portions of the substrate become conductive due to carbonization and/or graphitization of the substrate material.
3. A method according to claim 1 or 2, further comprising subjecting the laser treated substrate to an electroless metal plating step and/or to a galvanic deposition  
15 step for the selective deposition of metal.
4. A method according to claim 1, wherein said treating with a laser beam in step b) is carried out through a phototool (mask) corresponding to the pattern to be formed.
5. A method according to claim 1, wherein said treating with a laser beam in step b) is carried out in a predetermined manner, by direct write.
- 20 6. A method of manufacturing a printed circuit board (PCB), the method comprising the steps of:
  - a) providing an insulating substrate made of organic polymer;
  - b) treating said substrate with a laser beam so as to irradiate selective portions of the substrate, the laser beam being capable of modifying the  
25 irradiated portions of said substrate, thus forming a pattern of modified areas spaced by insulating areas; and
  - c) coating said modified areas obtained in step b) above with a metal layer so as to obtain a conductor circuit pattern.

– 12 –

7. A method of manufacturing a printed circuit board (PCB), the method comprising the steps of:

- a) providing an insulating substrate made of organic polymer;
- b) treating said substrate with a laser beam so as to irradiate selective portions of the substrate, the laser beam being capable of carbonizing and/or graphitizing the irradiated portions of said substrate, thus forming a pattern of carbonized and/or graphitized areas spaced by insulating areas; and
- c) coating said carbonized and/or graphitized areas obtained in step b) above with a metal layer so as to obtain a conductor circuit pattern.

8. A method according to claim 6 or 7, wherein said treating with a laser in step b) is carried out through a phototool (mask) corresponding to the pattern to be formed

9. A method according to claim 6 or 7, wherein said treating with a laser beam in step b) is carried out in a predetermined manner, by direct write.

10. A method according to any one of claims 1, 6 or 7, wherein said polymeric substrate is made of epoxy, epoxy glass, polyimides, polyesters, liquid crystal polymers, fluoropolymers or mixtures thereof.

11. A method according to any one of claims 1, 6 or 7, wherein said polymeric substrate further comprises a dye or a pigment.

12. A method according to claim 6 or 7, wherein said metal layer in step c) is made of copper, nickel or mixtures thereof.

13. A method according to claim 6 or 7, further comprising the formation of vias during the exposure of the substrate to a laser beam in step b).

14. A method according to claim 6 or 7, further comprising coating of the vias obtained by the method of claim 13, with a metal coating in step c).

15. A product produced by the method of claim 1 or 2.

16. A printed circuit board produced by the method of claim 6.

17. A printed circuit board produced by the method of claim 7.

1/2

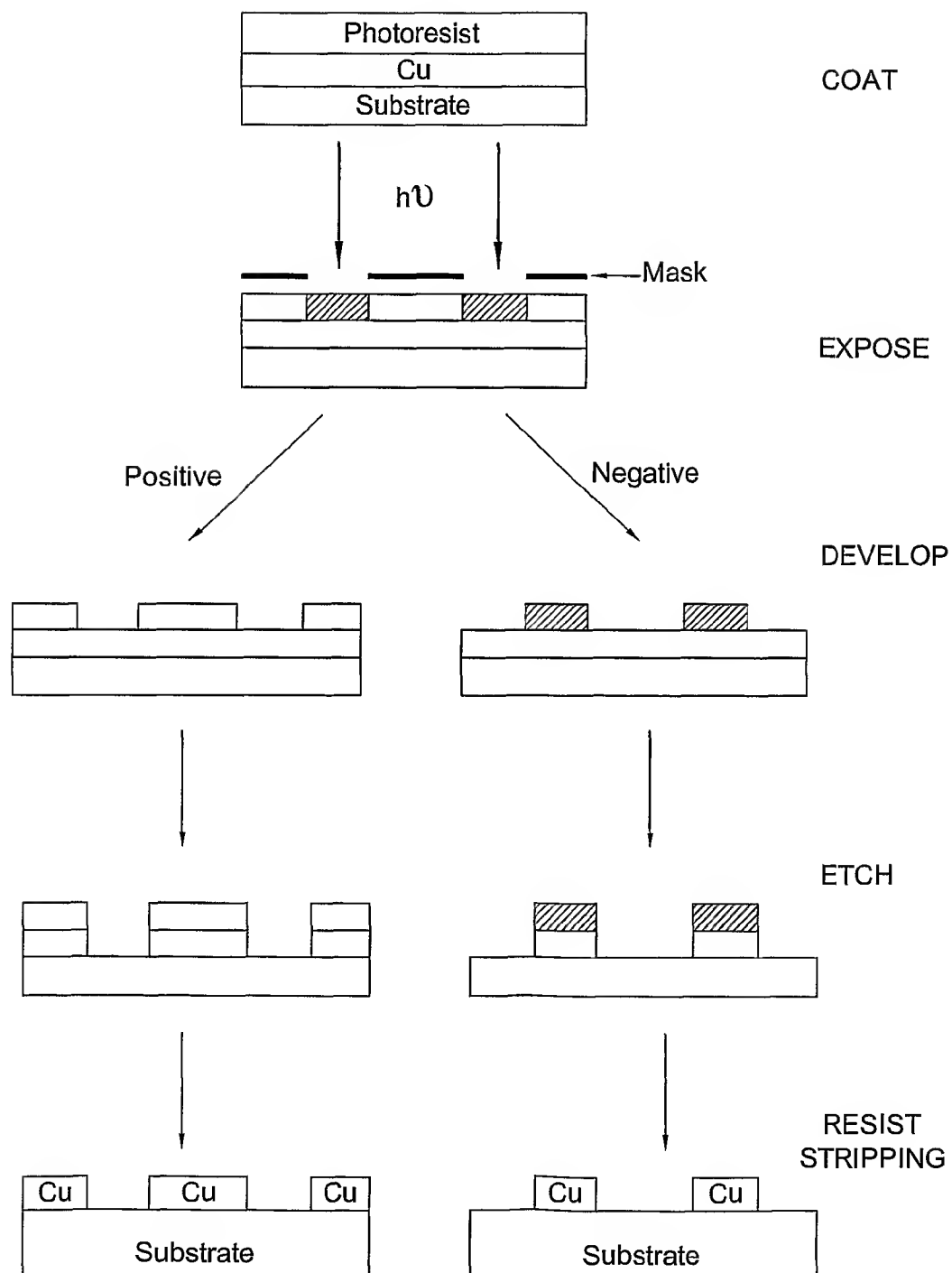


FIG. 1

2/2

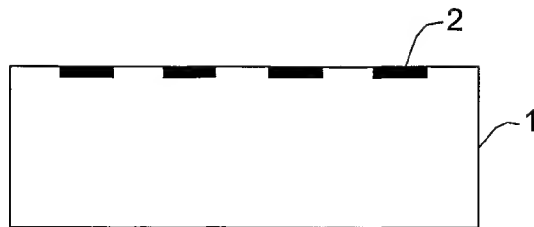


FIG. 2A

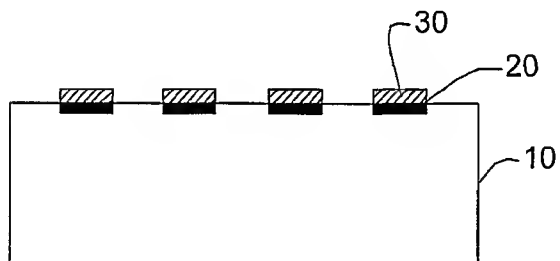


FIG. 2B

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
21 March 2002 (21.03.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/23962 A3**

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: H05K 3/10, 3/18, C23C 18/16

(21) International Application Number: PCT/IL01/00869

(22) International Filing Date:  
13 September 2001 (13.09.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
138530 18 September 2000 (18.09.2000) IL

(71) Applicant (for all designated States except US): **A.L.T. ADVANCED LASER TECHNOLOGIES LTD.** [IL/IL]; Old Industrial Zone, 10550 Migdal Haemek (IL).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **BROOK-LEVINSON, Edward** [IL/IL]; 11 Hana Senesh Street, 49507 Petah Tikva 49507 (IL). **KOGAN, Michael** [IL/IL]; 9 Havradim Street, 20306 Nesher (IL).

(74) Agent: **REINHOLD COHN AND PARTNERS**; P.O.B. 4060, 61040 Tel Aviv (IL).

(81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

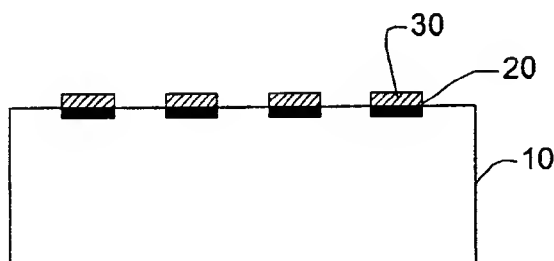
**Published:**

- with international search report
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

(88) Date of publication of the international search report:  
13 June 2002

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: METHOD FOR THE FORMATION OF A PATTERN ON AN INSULATING SUBSTRATE



(57) Abstract: The present invention provides a method of forming a pattern on an insulating substrate, the method comprising the steps of: providing an insulating substrate (10) made of organic polymer; and treating the substrate (10) with a laser beam so as to irradiate selective portions (20) of the substrate in accordance with the pattern to be formed. Upon laser treatment, the irradiated portions (20) of the substrate (10) undergo a modification, for example undergo ablation and/or become conductive due to carbonization and/or graphitization of the substrate material. The method of the invention may be used in the manufacture of printed circuit boards. In such cases, the laser treated substrate is further exposed to an electroless metal plating step and/or to a galvanic deposition step for the selective deposition of metal (30) on the irradiated areas (20).



WO 02/23962 A3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IL 01/00869

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H05K3/10 H05K3/18 C23C18/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H05K C23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, IBM-TDB, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 91 18489 A (OLIN CORP) 28 November 1991 (1991-11-28)  page 17, line 17 -page 18, line 14; figures 12,13	1-3,5-7, 9,10, 12-17
Y	---	4,8,11
Y	US 4 900 581 A (STUKE ET AL.) 13 February 1990 (1990-02-13) figure 1	4,8
Y	---	11
A	DE 12 62 395 B (SIEMENS AG) column 3, line 6 - line 8	13,14
	---	
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 March 2002

Date of mailing of the international search report

12/04/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mes, L



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No

PCT/IL 01/00869

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 1 194 112 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP.) 10 June 1970 (1970-06-10)  the whole document ---	1-3,5-7, 9,10,12, 15-17
X	US 4 691 091 A (LYONS ET AL.) 1 September 1987 (1987-09-01)  the whole document ---	1-3,5-7, 9,10, 15-17
X	ANONYMOUS: "Laser Generated Conductive Lines. August 1976." IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 19, no. 3, 1 August 1976 (1976-08-01), page 1014 XP002187264 New York, US the whole document -----	1-3,5-7, 9,12-17

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

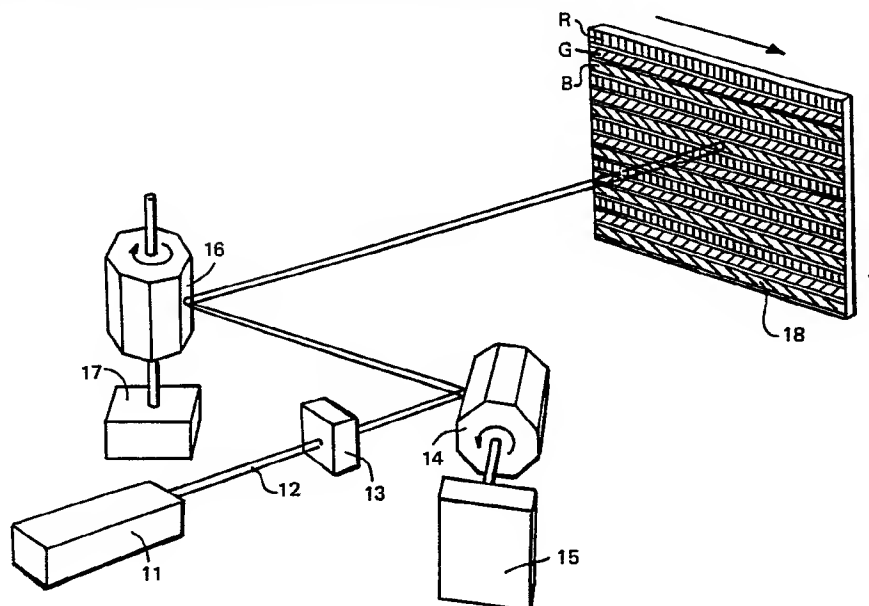
International Application No

PCT/IL 01/00869

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9118489	A	28-11-1991	AU 7446491 A WO 9118489 A1	10-12-1991 28-11-1991
US 4900581	A	13-02-1990	DE 3826046 A1 JP 1100279 A	02-03-1989 18-04-1989
DE 1262395	B		NONE	
GB 1194112	A	10-06-1970	DE 1765484 A1 FR 1583800 A	29-07-1971 27-10-1969
US 4691091	A	01-09-1987	CA 1253629 A1 EP 0230128 A2 JP 62159493 A	02-05-1989 29-07-1987 15-07-1987

## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

<b>(51) International Patent Classification <sup>5</sup> :</b>  <b>G09G 3/02</b>	<b>A1</b>	<b>(11) International Publication Number:</b> <b>WO 90/12387</b>  <b>(43) International Publication Date:</b> 18 October 1990 (18.10.90)
<p><b>(21) International Application Number:</b> PCT/GB90/00516</p> <p><b>(22) International Filing Date:</b> 5 April 1990 (05.04.90)</p> <p><b>(30) Priority data:</b> 8907820.8                      7 April 1989 (07.04.89)                      GB</p> <p><b>(71)(72) Applicant and Inventor:</b> AUBUSSON, Russell, C. [GB/GB]; 40 Townshend Avenue, Irby, Wirral, Merseyside L61 2XW (GB).</p> <p><b>(74) Agent:</b> WELLS, Keith, R.; Potts, Kerr &amp; Co., 15 Hamilton Square, Birkenhead, Merseyside L41 6BR (GB).</p> <p><b>(81) Designated States:</b> AT (European patent), BE (European patent), CH (European patent), DE (European patent), DK (European patent), ES (European patent), FR (European patent), GB (European patent), IT (European patent), JP, LU (European patent), NL (European patent), SE (European patent), US.</p>		<p><b>Published</b> <i>With international search report. Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i></p>

**(54) Title:** LASER-WRITTEN MOVING IMAGE DISPLAY APPARATUS**(57) Abstract**

A laser-written moving image display apparatus comprising a source capable of producing an ultra-violet laser beam, a screen comprising an aligned arrangement of first, second and third types of phosphors, said first type of phosphor fluorescing so as to emit visible red light when impinged upon directly by said laser beam, said second type of phosphor fluorescing so as to emit visible green light when impinged upon directly by said laser beam and said third type of phosphor fluorescing so as to emit visible blue light when impinged on directly by said laser beam, deflector means for deflecting said laser beam so as to cause said beam to scan said screen and control means for controlling the intensity of the laser beam and for synchronising signals transmitted to said laser and to said deflection means whereby said laser simultaneously addresses said phosphor and provides the energy for illumination.

### DESIGNATIONS OF "DE"

Until further notice, any designation of "DE" in any international application whose international filing date is prior to October 3, 1990, shall have effect in the territory of the Federal Republic of Germany with the exception of the territory of the former German Democratic Republic.

### *FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY*

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AT	Austria	ES	Spain	MG	Madagascar
AU	Australia	FI	Finland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	France	MR	Mauritania
BE	Belgium	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	United Kingdom	NL	Netherlands
BG	Bulgaria	HU	Hungary	NO	Norway
BJ	Benin	IT	Italy	RO	Romania
BR	Brazil	JP	Japan	SD	Sudan
CA	Canada	KP	Democratic People's Republic of Korea	SE	Sweden
CF	Central African Republic	KR	Republic of Korea	SN	Senegal
CG	Congo	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CH	Switzerland	LK	Sri Lanka	TD	Chad
CM	Cameroon	LU	Luxembourg	TG	Togo
DE	Germany, Federal Republic of	MC	Monaco	US	United States of America
DK	Denmark				

- 1 -

TITLE OF THE INVENTIONLaser-Written Moving Image Display ApparatusFIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to an apparatus for displaying monochromatic or coloured moving images. More particularly, the present invention relates to an apparatus for displaying images in which a laser is used to illuminate phosphorised panels.

BACKGROUND OF THE INVENTION AND PRIOR ART DISCUSSION

Apparatuses are known for displaying moving images. Thus, it is known to form images by projecting light through a photographic film onto a reflective screen. Alternatively, back-projection onto a translucent screen may be employed. In conventional television sets, the images are formed by the controlled illumination of the phosphorised inner surface of a cathode ray tube. None of these techniques are well-suited to display moving pictures on large screens outdoors.

To overcome this disadvantage, a known apparatus comprises a plurality of large panels, each of which has a large number of individually illuminable light sources. The light sources provide controlled intensity in each of the three primary colours and are suitably arranged to give an acceptable definition of the image at a pre-determined distance of observation. Such a known apparatus necessitates the use of a large number of separately addressable light sources with inherent high manufacturing and maintenance costs.

In British Patent Specification No. 2118803, there is described and claimed an image display device.

- 2 -

Such device comprises a light source capable of producing and deflecting a beam. Such beam may be of visible light but is preferably ultra-violet radiation. The device further includes an image intensifier which receives, intensifies and displays the output of the source and which has a screen with red, green and blue light emitter areas arranged side-by-side thereon. Control means are provided for applying, to the source signal, components representing the appropriate colours as the beam is directed to the respective light emitter areas.

This prior document specifically states that the function of the addressing of the light sources and providing energy for illumination are separated. A laser is used for supplying the signal for addressing and controlling the main source of illumination which latter is the image intensifier. The use of an image intensifier has two major inherent disadvantages firstly, such intensifiers are expensive to produce and are vulnerable to exposure to the elements. Secondly, there is a need to protect the image intensifier from spurious triggering by ambient light. To overcome this latter problem, the ultra-violet laser beam is radio-frequency modulated.

#### OBJECTS OF THE INVENTION

The present invention seeks to provide an image display apparatus in which the disadvantages of known apparatuses are overcome or, at least, minimized. More specifically, the present invention seeks to provide an apparatus in which the need for utilising an image intensifier is obviated. Furthermore, the present invention seeks to provide an apparatus in which visible light is created by fluorescence.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

According to the present invention, there is provided a laser-written moving image display apparatus

- 3 -

comprising a source capable of producing an ultra-violet laser beam, a screen comprising an aligned arrangement of first, second and third types of phosphors, said first type of phosphor fluorescing so as to emit visible red light when impinged upon directly by said laser beam, said second type of phosphor fluorescing so as to emit visible green light when impinged upon directly by said laser beam and said third type of phosphor fluorescing so as to emit visible blue light when impinged on directly by said laser beam, deflector means for deflecting said laser beam so as to cause said beam to scan said screen and control means for controlling the intensity of the laser beam and for synchronising signals transmitted to said laser and to said deflection means whereby said laser simultaneously addresses said phosphors and provides the energy for illumination.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present invention will be further described, by way of example, with reference to the accompanying drawings, in which: -

Fig. 1 is a schematic illustration of an image-forming apparatus in accordance with the present invention; and

Fig. 2 shows a block diagram of the apparatus shown in Fig. 1 and of a control mechanism for controlling the apparatus.

#### DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

In Fig. 1, there is shown an image-forming apparatus in accordance with the present invention. Such apparatus comprises a laser 11 which produces a beam 12 of

- 4 -

ultra-violet radiation. The beam 12 then passes through a distortion compensation device 13 which, in this embodiment, is in the form of an acousto-optic deflector. Such deflector compensates for beam distortion produced by beam reflector devices to be described in greater detail hereinafter.

After passing through the distortion compensation device 13, the beam impinges upon a first reflector device 14 which is in the form of a mirror having a plurality of facets. In the embodiment shown, the mirror is rotatably mounted about a horizontal axis; the drive means for producing such rotation being in the form of an electric motor 15. The reflected beam then impinges upon a second reflector device 16 which, again, is in the form of a mirror having a plurality of facets. The mirror 16 is mounted for rotation about a vertical axis and is driven by an electric motor 17. Reflection of the beam by the mirror 16 directs the beam onto a display screen 18.

The screen 18 is provided with suitably disposed arrays of three different phosphors which, when illuminated by the ultra-violet laser beam, emit visible red, visible green and visible blue light. In the embodiment shown, the phosphors are arranged in horizontal lines with the minimum practicable spacing between the lines with the sequence of lines being red (R), green (G), blue (B), red, green, blue and so on from top to bottom of the screen. Six hundred and twenty-five lines of each of three phosphors are provided. For the sake of clarity, only a small number of these lines are shown in Fig. 1.

The method of operation of the apparatus will now be described with reference to the block diagram shown in Fig. 2. Initially, the data relating to a single frame



- 5 -

is extracted from a frame store 19 and is processed in a signal generator 20. This latter produces a voltage-modulated signal 22 which controls the intensity of the ultra-violet radiation emitted by the laser 11. Moreover, the signal generator also produces synchronising signals 23 which are fed to a controller 21. This controller 21 transmits signals to the motors 15 and 17 to rotate the mirrors 14 and 16. The rotation of the mirrors causes the laser beam, which has already been deflected by the acousto-optic deflector 13 to compensate for distortion produced by the mirrors 14 and 16 to impinge on the desired area of the screen such that a true image of the original single picture frame is displayed.

As the mirror 16 rotates in the direction of the arrow shown in Fig. 1, the laser beam sweeps a path from left to right across the screen. In the position shown in Fig. 1, the laser is sweeping across a line of phosphors which fluoresce and emit blue light when impinged upon by the laser. The intensity and brightness of the blue coloration is, of course, dependent upon the intensity and brightness of the coloration in the original frame. When the beam has reached the end of one line of phosphors, a new line scan is commenced. At such time, the next facet of the mirror 16 is directing the laser beam onto the left-hand end of the new line. The appropriate line intensity modulation signal is fed to the laser beam so that the power of the beam and the fluorescent light emitted by the phosphor, which will now be red, vary across the line in accordance with the original frame. In the next line, the fluorescent light emitted by the phosphor is green. The line scanning is continued until all 1875 lines (625 of each colour) have been scanned. The horizontally mounted mirror 14 continues to rotate and, after a short period of time of the order of five milliseconds, the adjacent facet of the mirror is in the

- 6 -

correct position to cause the beam to scan the top line in accordance with the next frame.

Various components of the apparatus will now be described in greater detail. Thus, the mirror surfaces must be highly reflective to ultra-violet radiation at the wavelength emitted by the laser. This is necessary to maximise the efficiency of the use of the output of the laser and also to avoid unwanted heating of the mirror. Such heating will, of course, occur if an appreciable portion of the power of the beam passes through the reflective layer and is absorbed by the mirror. Thus, it has been found that if aluminium is vacuum-deposited, in the form of an opaque layer, on polished glass, the reflectivity is of the order of 90% in the range of 300 to 400 nm and is still of the order of 85% at 200 nm. At 400 nm, silver has a reflectivity of 93% but this figure is appreciably lower at shorter wavelengths.

The bodies of the mirrors may be made of glass or any other material which is sufficiently rigid to withstand high rotational speeds, can be worked to provide precise surface geometry and to which a suitable reflective layer can be adhered. Although aluminium is difficult to polish, it can provide very precise surface geometry and is therefore suitable for use. To prevent tarnishing and to optimise reflectivity, the aluminium is surface-coated with a dielectric of suitable thickness and refractive index for the laser wavelength being used.

As stated hereinbefore, each mirror has a plurality of facets. The maximum and optimum number of facets depend on a number of factors, such as the spacing of the screen from the mirror and the dimensions of the screen. By way of example only, it is pointed out that a 5° deflection between the extreme left-and right-hand

- 7 -

edges of the screen would permit a maximum of 144 facets to be employed on the mirror 16. Whilst it is advantageous to use as many facets as possible because this reduces the required rate of rotation of the mirror, it is, in practice, not desirable so to do. By reducing the number of facets, it is not necessary to use the extreme edges of each facet and allowances are made for minor inaccuracies in the synchronisation of the mirror position with the laser power modulation. Thus, if it is desired to illuminate 625 lines of each of the three different phosphors 25 times per second, a mirror having 100 facets would need to be rotated at a speed of 468.75 revolutions per second. It should, perhaps, be pointed out that only eight facets are shown on the mirror 16 in Fig. 1 purely for the sake of clarity. The mirror 14, which also has only eight facets shown for the sake of clarity, is rotated at a much lower speed. Thus, only twenty-five facets need to be presented each second to construct the twenty-five individual three-colour frames to be displayed each second. The presentation of twenty-five or more frames per second is highly desirable to prevent flicker.

Depending upon the geometry and position of the mirrors, crossed axis mirrors tend to produce distortion in the image produced. In order to compensate for such distortion, and thereby to ensure that the laser beam accurately scans along each line of phosphors, an acousto-optic deflector 13 is provided. The material used as the deflector depends upon the nature of the laser and the desired efficiency of the deflector. At wavelengths of approximately 360 nm and above, deflectors based on Tellurium oxide crystals are highly efficient. At shorter wavelengths, quartz crystals may be employed but these are less efficient.

- 8 -

If the distortion produced is calculated to be insufficient to cause the laser to become out of alignment with the phosphors, the deflector 13 could be omitted and the position of the mirrors 14 and 16 in the beam path reversed. Similarly, it would be theoretically possible to eliminate distortion without the use of the deflector 13 simply by adjusting the rotational speeds of the mirrors. However, it is believed that this would be difficult to achieve in practice.

It is also theoretically possible to dispense with the mirror 14 in two different ways. Firstly, the mirror 16 could be mounted, together with its motor 17, in gimbal bearings which permit the mirror to be deflected about a horizontal axis which is orthogonal to the line of projection of the beam from the mirror to the screen. However, this would entail the use of complex and heavy-duty bearings which could, in extreme circumstances, cause distortion of the mirror itself. Secondly, the mirror 16 could be provided with angled facets, that is to say, facets cut at small incremental angles to the axis of the mirror. Whilst such an arrangement will produce, without significant distortion, the incremental deflections necessary to produce consecutive lines of each frame, the practical limit for the number of facets is of the order of one hundred. It would therefore appear necessary for the beam to be split in order for, say, ten complete revolutions of the mirror to produce one complete frame.

It has surprisingly been found that the phosphors used in conventional colour television sets are suitable for use in the present invention. Thus, the phosphor used to produce red light is Yttrium Oxysulphide plus Europium and Terbium ( $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu:Tb}$ ), that to produce blue light is Zinc Sulphide plus Silver ( $\text{ZnS:Ag}$ ) and that to produce green light is Zinc Cadmium Sulphide plus

- 9 -

Copper [(Zn, Cd)S: Cu]. Of these, the "red" phosphor is a "Characteristic Phosphor", that is to say, the energy level changes are those of the activator whilst the "green" and "blue" phosphors are "Non-Characteristic Phosphors" which means that the energy level changes arise from the impurity-induced lattice modification. It is surprising that the phosphors work in the present invention because, in a television set, they are bombarded with electrons whilst, in the present invention, they are scanned by an ultra-violet laser beam. It could not be predicted that the different types of irradiation will necessarily produce the same effect. Compensation can be made for any colour imbalance by appropriate modulation of the laser beam so that the beam intensity thereof is reduced when the appropriate lines of phosphors are being scanned.

The laser 11 may be of any suitable type which produces a narrow beam of ultra-violet radiation. The presently preferred laser is an Argon Ion Laser which is of the continuous wave type. A known laser of this type is a 7-watt continuous wave laser. However, depending upon the particular circumstances, other lasers such as Excimer lasers could possibly be used. Furthermore, techniques such as frequency multiplication could be employed.

- 10 -

CLAIMS

1. A laser-written moving image display apparatus comprising a source capable of producing an ultra-violet laser beam, a screen comprising an aligned arrangement of first, second and third types of phosphors, said first type of phosphor fluorescing so as to emit visible red light when impinged upon directly by said laser beam, said second type of phosphor fluorescing so as to emit visible green light when impinged upon directly by said laser beam and said third type of phosphor fluorescing so as to emit visible blue light when impinged on directly by said laser beam, deflector means for deflecting said laser beam so as to cause said beam to scan said screen and control means for controlling the intensity of the laser beam and for synchronising signals transmitted to said laser and to said deflection means whereby said laser simultaneously addresses said phosphors and provides the energy for illumination.

2. An apparatus as claimed in claim 1 wherein said source is a continuous wave ultra-violet laser.

3. An apparatus as claimed in claim 2 wherein said source is an argon ion laser.

4. An apparatus as claimed in claim 1 wherein said source is a visible-light laser subjected to frequency multiplication to produce an ultra-violet laser beam.

5. An apparatus as claimed in any one of claims 1 to 4 wherein said first, second and third types of phosphors are arranged in horizontal rows or vertical columns, each said row or column being either continuous or discontinuous.

- 11 -

6. An apparatus as claimed in any preceding claim wherein said first type of phosphors are all yttrium oxysulphide-europium-terbium ( $\text{Y}_2\text{O}_3\text{S:Eu:Tb}$ ) phosphors.

7. An apparatus as claimed in any preceding claim wherein said second type of phosphors are all zinc cadmium sulphide-copper  $[(\text{Zn Cd})\text{S:Cu}]$  phosphors.

8. An apparatus as claimed in any preceding claim wherein said third type of phosphors are all zinc sulphide-silver ( $\text{ZnS:Ag}$ ) phosphors.

9. An apparatus as claimed in any preceding claim wherein the deflector means comprise at least one mirror having a plurality of facets on its reflective surface and lying in the beam path between said source and said screen, each said mirror being mounted for rotation and drive means for rotating each said mirror.

10. An apparatus as claimed in claim 9 wherein a single mirror is provided, said mirror having facets cut at small incremental angles to the axis of the mirror.

11. An apparatus as claimed in claim 9 wherein a single mirror is provided, said mirror having a plurality of facets cut parallel to the axis of the mirror, the mirror being mounted in gimbal bearings.

12. An apparatus as claimed in claim 9 wherein two mirrors, each having a plurality of facets cut parallel to the axis of the mirror, are employed, the axes of the two mirrors extending at right angles to one another.

13. An apparatus as claimed in any one of claims 9 to 12 additionally comprising an acoustic-optic deflector

- 12 -

disposed in the beam path, the deflector being based on a tellurium oxide crystal.

14. An apparatus as claimed in any one of claims 9 to 13 wherein said control means comprises a signal generator receiving data from a frame store, said generator producing a voltage-modulated signal controlling the intensity of the laser beam and synchronising signals fed to a control device to cause said device to act on said drive means for each said mirror.



1/2

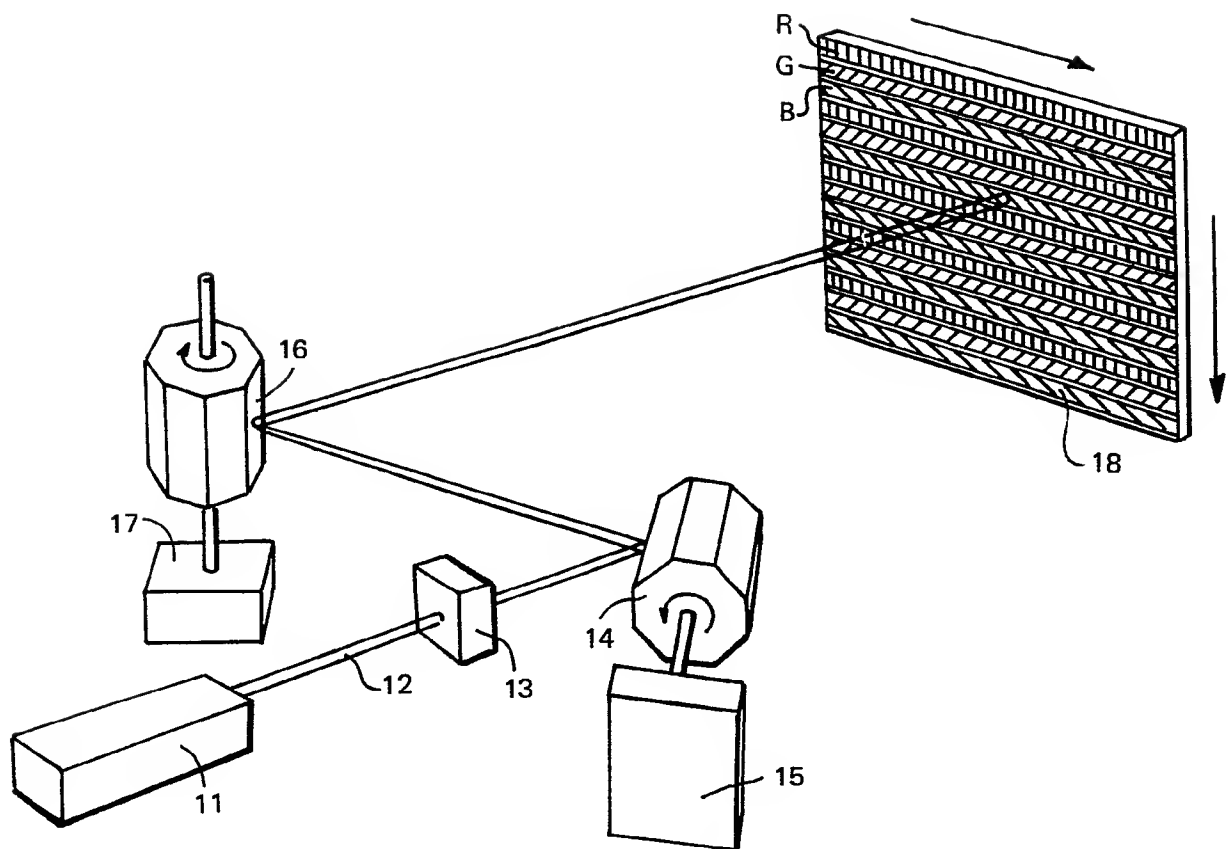


FIG.1

SUBSTITUTE SHEET

2/2

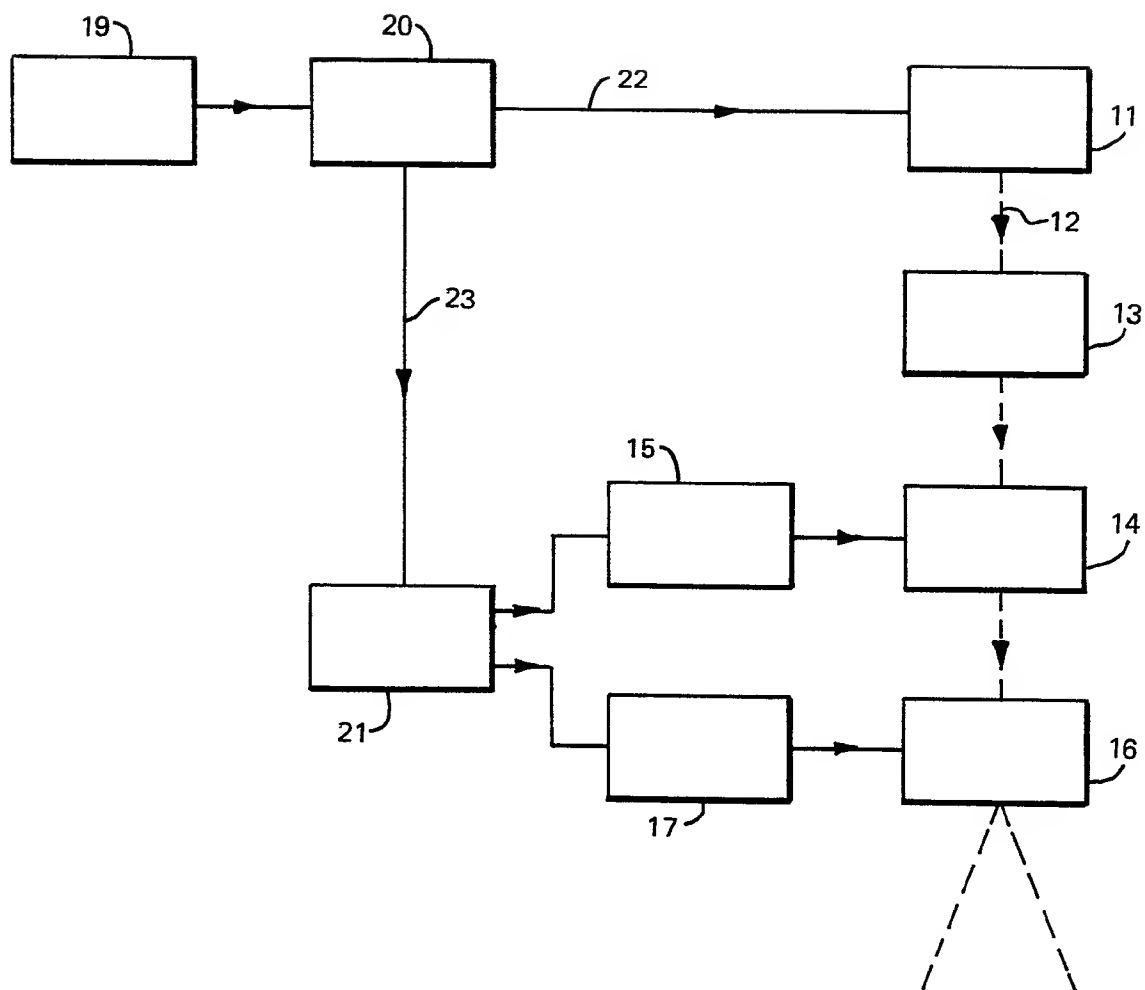





FIG.2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/GB 90/00516

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (it several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup> According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC IPC <sup>5</sup> :      G 09 G 3/02																	
<b>II. FIELDS SEARCHED</b> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; margin: 5px 0;">Minimum Documentation Searched <sup>7</sup></div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 30%; border-bottom: 1px solid black;">Classification System</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Classification Symbols</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">IPC<sup>5</sup></td> <td style="padding: 5px;">G 09 G</td> </tr> </table> <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; margin: 5px 0;">Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched <sup>8</sup></div>			Classification System	Classification Symbols	IPC <sup>5</sup>	G 09 G											
Classification System	Classification Symbols																
IPC <sup>5</sup>	G 09 G																
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%; border-bottom: 1px solid black;">Category <sup>9</sup></th> <th style="width: 70%; border-bottom: 1px solid black;">Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup></th> <th style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;">Relevant to Claim No. <sup>13</sup></th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">Y</td> <td style="padding: 5px;">GB, A, 2118803 (BRITISH BROADCASTING CORP.) 2 November 1983 see figure 1; page 1, lines 20-61 cited in the application --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1, 2, 5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">Y</td> <td style="padding: 5px;">EDN, vol. 15, no. 2, 15 January 1970 (Newton, Massachusetts, US) "Design News", pages 22-23, see page 22, second article --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">I.E.E.E. Spectrum, vol. 5, no. 12, December 1968 (New York, US) C.E. Baker: "Laser display technology", pages 39-50; figures 1, 2, 8, 9; page 40, lines 2-5; page 42, right-hand column, lines 9-12 --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1, 3, 9, 10, 12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">Patent Abstracts of Japan, vol. 10, no. 269 (C-372), 12 September 1986 &amp; JP, A, 61091281 (HITACHI LTD) 9 May 1986 --</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">6, 8  ./.</td> </tr> </table>			Category <sup>9</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>	Y	GB, A, 2118803 (BRITISH BROADCASTING CORP.) 2 November 1983 see figure 1; page 1, lines 20-61 cited in the application --	1, 2, 5	Y	EDN, vol. 15, no. 2, 15 January 1970 (Newton, Massachusetts, US) "Design News", pages 22-23, see page 22, second article --	1	A	I.E.E.E. Spectrum, vol. 5, no. 12, December 1968 (New York, US) C.E. Baker: "Laser display technology", pages 39-50; figures 1, 2, 8, 9; page 40, lines 2-5; page 42, right-hand column, lines 9-12 --	1, 3, 9, 10, 12	A	Patent Abstracts of Japan, vol. 10, no. 269 (C-372), 12 September 1986 & JP, A, 61091281 (HITACHI LTD) 9 May 1986 --	6, 8  ./.
Category <sup>9</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>															
Y	GB, A, 2118803 (BRITISH BROADCASTING CORP.) 2 November 1983 see figure 1; page 1, lines 20-61 cited in the application --	1, 2, 5															
Y	EDN, vol. 15, no. 2, 15 January 1970 (Newton, Massachusetts, US) "Design News", pages 22-23, see page 22, second article --	1															
A	I.E.E.E. Spectrum, vol. 5, no. 12, December 1968 (New York, US) C.E. Baker: "Laser display technology", pages 39-50; figures 1, 2, 8, 9; page 40, lines 2-5; page 42, right-hand column, lines 9-12 --	1, 3, 9, 10, 12															
A	Patent Abstracts of Japan, vol. 10, no. 269 (C-372), 12 September 1986 & JP, A, 61091281 (HITACHI LTD) 9 May 1986 --	6, 8  ./.															
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><sup>10</sup> Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>																	
<b>IV. CERTIFICATION</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">           Date of the Actual Completion of the International Search  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">16th July 1990</div> </td> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">           Date of Mailing of this International Search Report  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">28. 08. 90</div> </td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">           International Searching Authority  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">EUROPEAN PATENT OFFICE</div> </td> <td style="border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">           Signature of Authorized Officer  <div style="text-align: center;">               H. Balbastre           </div> </td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search <div style="text-align: center; font-weight: bold;">16th July 1990</div>	Date of Mailing of this International Search Report <div style="text-align: center; font-weight: bold;">28. 08. 90</div>	International Searching Authority <div style="text-align: center; font-weight: bold;">EUROPEAN PATENT OFFICE</div>	Signature of Authorized Officer <div style="text-align: center;">               H. Balbastre           </div>											
Date of the Actual Completion of the International Search <div style="text-align: center; font-weight: bold;">16th July 1990</div>	Date of Mailing of this International Search Report <div style="text-align: center; font-weight: bold;">28. 08. 90</div>																
International Searching Authority <div style="text-align: center; font-weight: bold;">EUROPEAN PATENT OFFICE</div>	Signature of Authorized Officer <div style="text-align: center;">               H. Balbastre           </div>																

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	Patent Abstracts of Japan, vol. 7, no. 17, (E-154), 22 January 1983 & JP, A, 57174832 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 27 October 1982  -----	7

GB 9000516  
SA 35972

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 20/08/90. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

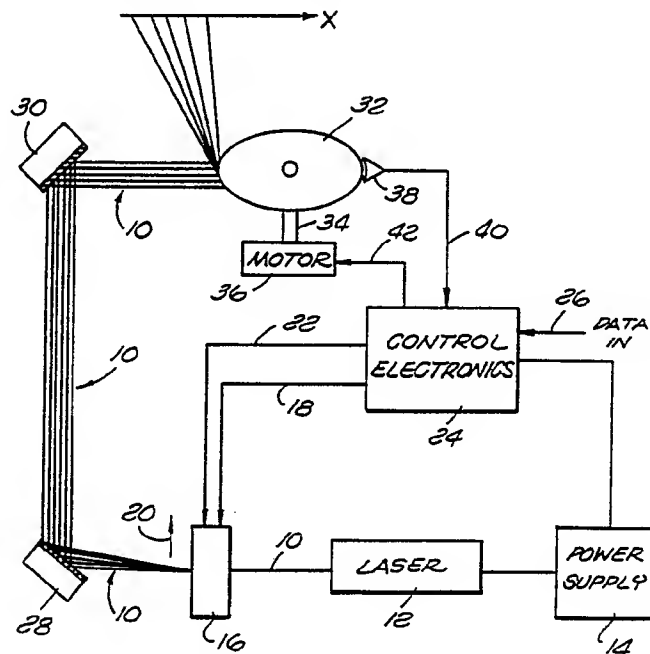
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A- 2118803	02-11-83	None	



## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>5</sup> : <b>H01S 3/10</b>		A1	(11) International Publication Number: <b>WO 92/22109</b>
			(43) International Publication Date: 10 December 1992 (10.12.92)
(21) International Application Number: PCT/US92/04734 (22) International Filing Date: 5 June 1992 (05.06.92) (30) Priority data: 711,757                      7 June 1991 (07.06.91)                      US (60) Parent Application or Grant (63) Related by Continuation US    711,757 (CIP) Filed on                                      7 June 1991 (07.06.91) (71) Applicant (for all designated States except US): ADVANCED LASER TECHNOLOGIES, INC. [US/US]; 143 Triunfo Canyon Road, Suite 100, Westlake Village, CA 91361 (US). (72) Inventor; and (75) Inventor/Applicant (for US only) : CONEMAC, Donald, C. [US/US]; 4430 Autumn Glen Court, Moorpark, CA 93021 (US).		(74) Agent: HENTY, David, L.; Graham & James, 801 S. Figueroa Street, 14th Floor, Los Angeles, CA 90017-5434 (US). (81) Designated States: AT, AT (European patent), AU, BB, BE (European patent), BF (OAPI patent), BG, BJ (OAPI patent), BR, CA, CF (OAPI patent), CG (OAPI patent), CH, CH (European patent), CI (OAPI patent), CM (OAPI patent), CS, DE, DE (European patent), DK, DK (European patent), ES, ES (European patent), FI, FR (European patent), GA (OAPI patent), GB, GB (European patent), GN (OAPI patent), GR (European patent), HU, IT (European patent), JP, KP, KR, LK, LU, LU (European patent), MC (European patent), MG, ML (OAPI patent), MN, MR (OAPI patent), MW, NL, NL (European patent), NO, PL, RO, RU, SD, SE, SE (European patent), SN (OAPI patent), TD (OAPI patent), TG (OAPI patent), US. Published With international search report. Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.	

(54) Title: LASER BEAM SCANNING APPARATUS AND METHOD



## (57) Abstract

A laser beam scanning apparatus employs a movable reflector (32) having a large number of flat reflective sides (44) and a deflector (16) which shifts the laser beam (10) at high speed across a plurality of the reflective sides (44). The movement of the reflector (32) is synchronized with the deflection of the laser beam (10) to produce a desired scan pattern in a first scan direction (X). The reflective sides (44) of the movable reflector (32) may be angled relative to each other in a second direction (Y) to produce different scan lines thereby providing an X-Y scan pattern. The combined high speed beam deflection and motion of the reflector (32) provide scanning of the beam (10) in parallel scan segments thereby providing high scanning speed of the beam (10) with a high degree of resolution.

*FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY*

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AI	Austria	FI	Finland	MI	Mali
AU	Australia	FR	France	MN	Mongolia
BB	Barbados	GA	Gabon	MR	Mauritania
BE	Belgium	GB	United Kingdom	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GN	Guinea	NI	Netherlands
BG	Bulgaria	GR	Greece	NO	Norway
BJ	Benin	HU	Hungary	PL	Poland
BR	Brazil	IE	Ireland	RO	Romania
CA	Canada	IT	Italy	RU	Russian Federation
CF	Central African Republic	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Congo	KP	Democratic People's Republic of Korea	SE	Sweden
CH	Switzerland	KR	Republic of Korea	SN	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CM	Cameroon	LK	Sri Lanka	TD	Chad
CS	Czechoslovakia	LU	Luxembourg	TG	Togo
DE	Germany	MC	Monaco	US	United States of America
DK	Denmark	MG	Madagascar		
ES	Spain				

-1-

DESCRIPTIONLASER BEAM SCANNING APPARATUS AND METHODTechnical Field

5 The present invention relates to methods and apparatus for scanning a laser beam in one or more directions.

Background Art

10 In a wide variety of applications, it is necessary to scan a laser beam along one or more directions, accurately and at high speed. For example, in laser printers, optical disc read/write systems, laser based displays, laser imaging, laser phototypesetting, fiber optic networking systems and a wide variety of other applications, such high speed and accurate scanning of the laser beam is critical. The conventional approach to scanning a laser beam for many  
15 such applications employs a rotating mirror to scan the laser beam in a linear direction as the mirror rotates. Typically, the mirror is configured in a polygon shape with each side corresponding to one scan length of the laser beam in the linear direction.

20 An example of such a rotating polygon laser beam scanner is illustrated in Figure 1. The prior art laser beam scanning apparatus shown in Figure 1 employs a polygon shaped mirror 1 which receives a laser beam provided by laser 2 and deflects the laser beam in a scanning direction  
25 X as the polygon 1 rotates. It will be readily appreciated from inspection of the geometry of Figure 1 that such a rotating polygon system has the ability to scan the laser beam through a maximum angle of  $180^\circ$  with a scan line duration determined by the rotational speed of the polygon divided by N, where N is the number of polygon sides.  
30 Also, it will be appreciated that for large N the scan angle may be significantly reduced below  $180^\circ$ . Thus, for the eight sided polygon configured as illustrated in Figure 1, the laser beam is scanned through an angle of about  $90^\circ$   
35 with the duration of each scan line being  $1/8$  the period for one rotation of the polygon.



-2-

The laser scanning apparatus illustrated in Figure 1 has the advantage of being quite simple, and is suitable for some applications. Nonetheless, the inherent limitations of such apparatus make it impossible to simultaneously achieve a high degree of resolution, high scanning speed and a large scanning angle. More specifically, a high degree of resolution requires a relatively large polygon with few sides. That is, if the laser beam is to provide accurate information as it is scanned along the scan direction, modulation of the laser beam as it traverses the surface of the polygon side must unambiguously provide discrete points in the scan direction. Thus, each side of the polygon must increase with the beam diameter and the number of discrete scan points (n). Therefore, high resolution, corresponding to a very large number (n) of discrete scan points, in general requires large polygon sides. This limitation is particularly significant where the scanned beam target surface is located close to the polygon mirror. Also, as noted above, the scan angle is reduced as the number of polygon sides is increased. Therefore, high resolution and high scan angle require a large polygon with relatively few sides.

The requirements of a large polygon with few sides, however, mitigate against a high scan rate. As indicated above, scanning speed is directly related to the number of polygon sides. Therefore, a polygon with few sides requires very high speed rotation to achieve high scanning speed. Rotating a large polygon at high speed creates mechanical problems, however. In particular, high speed rotation introduces vibrations, stress on the moving parts, and reduced accuracy in the registration of the mirror relative to the laser beam. These factors collectively limit the rotational speed of the mirror, and hence the beam scan rate. Also, the requirement of a large polygon mirror can create severe space problems in compact applications such as laser printers, optical disc

-3-

read/write devices and other applications where space considerations are important.

Accordingly, it will be appreciated that the conventional laser beam scanning apparatus illustrated in Figure 1 has inherent limitations on its performance capabilities which make it unsuitable for applications where high speed scanning as well as high resolution and accuracy are required or where space limitations are present. A need thus presently exists for an improved laser beam scanning apparatus.

-4-

Disclosure of the Invention

The present invention provides an apparatus and method for scanning a laser beam through a large scan angle at high speed and with a high degree of accuracy. The present invention further provides a laser beam scanning apparatus having a relatively compact configuration even where high resolution is required and which is relatively free of vibration or other mechanical problems even at high scan speeds.

In a preferred embodiment, the present invention employs a reflector, having a number of flat reflective surfaces, configured so as to intercept a laser beam on one of the reflector surfaces. For example, the reflector may take the form of a wheel having a large number of highly reflective sides or facets disposed along the circumference thereof. The facets preferably have a width approximately equal to the laser beam diameter and are spaced apart. The reflector is coupled to a mechanism for moving the reflector so that successive ones of the reflective surfaces intercept the laser beam. For example, the wheel shaped reflector may be coupled to a motor which rotates the wheel so as to move successive facets into reflective contact with the laser beam. Disposed in the optical path between the laser beam and the reflector, is a deflector which shifts the laser beam relative to the facets. The deflector may preferably be an acousto-optic or piezoelectric deflector module which can deflect the laser beam with a very fast response time. The amount of deflection of the beam and the facet size determine the number of facets of the reflector which are hit as the beam is swept across the reflector. A control system synchronizes the laser beam deflection with the motion of the movable reflector so that the deflector and moveable reflector together scan the laser beam in a desired direction. An encoder is employed to determine the position of the reflector to allow synchronization with the deflector through the control system. For most

-5-

applications a beam modulator will also be employed to modulate the beam to provide on/off or intensity modulation of the beam during scanning in response to a data signal.

5       The number of facets hit as the beam is deflected, and the relative speed of the deflector and the reflector, may be chosen to provide several different scan patterns. For example, deflecting the beam over a number of facets will cause the laser beam to scan in a linear direction in discrete segments equal to the number of facets over which  
10       the beam is deflected. The discrete scan segments are in turn filled in by subsequent deflector cycles as the reflector rotates through an angle equal to one facet length. Due to the very fast cycle time which may be achieved by the deflector, a very large number of distinct  
15       scan points may be provided in each scan segment. Alternatively, deflection of the laser beam may be synchronized with the reflector motion so the beam is constrained to remain on a single facet as the facet rotates with the reflector. This will cause the laser beam  
20       to scan in a continuous manner across the linear direction. Other scanning patterns may also be created using different relative synchronization between the deflector and the moving reflector facets.

25       The specific combination of scan pattern, reflector size and number and size of facets may be chosen for the specific application so as to provide an optimal combination of scanning speed, scan angle and resolution. For example, where a relatively large scan angle is desired with good resolution and moderate to high scan rates, a  
30       relatively small reflector may be employed having few facets, with the deflector synchronized to maintain the laser beam on a single facet. Since the beam is moved with the facet, the scan angle may be very large, up to 180° or greater, even though the reflector is kept small. This  
35       enables high speed rotation of the reflector without introducing mechanical vibrations or other problems related to rotation of a large reflector. For even higher speed

-6-

scanning, the deflector preferably shifts the beam over a number of facets so as to scan the beam in discrete segments across the scan direction. These scan segments, equal in number to the number of facets, allow the full scan angle to be scanned almost in parallel. The scan rate may be much higher in such a system due to the extremely fast response time of the deflector and since the reflector need only rotate through a fraction of the full scan angle for each scan. Some additional complexity is introduced into the control electronics, however, to allow the data used to modulate the laser beam to be correctly synchronized with the segmented scan pattern. For example, a data buffer and serial to parallel converter may be employed to store data for an entire scan line and then provide the data to the beam modulator in segments corresponding to the scan pattern.

Accordingly, it will be appreciated that the present invention provides a laser beam scanning apparatus having the capability to provide large scan angles and high scan rate, along with high resolution, without introducing vibration or other related mechanical problems.

The present invention may further provide scanning in a second direction so as to make an X-Y scan pattern. In a preferred embodiment, the discrete facets of the reflector may be angled at different directions to a second scan direction. Each of these different angle facets thus corresponds to a different scan line as the reflector is moved relative to the laser beam. The deflector in turn shifts the laser beam to the different facets at high speed so that the different scan lines can be scanned almost in parallel. As in the case of the single scanning direction, the choice of synchronization between the laser beam deflector and the movement of the reflector determines the specific scan pattern in the X-Y plane. Alternatively, a second acoustical optical modulator deflector may be employed to fine adjust each line.

-7-

Thus, the present invention provides high speed X-Y scanning with either a conventional raster scan pattern or one of a variety of other scan patterns designed to optimize scan speed, resolution and scanning solid angle.

5 Further features and advantages of the present invention will be appreciated upon review of the following detailed description of the invention.

-8-

Brief Description of the Drawings

Figure 1 is a top view of a prior art laser scanning apparatus.

5 Figure 2 is a combined top view/schematic drawing of a preferred embodiment of the laser beam scanning apparatus of the present invention.

10 Figure 3(a) and Figure 3(b) are expanded and side schematic views, respectively, illustrating the reflective surfaces employed in the reflector of the present invention.

Figures 4(a) - 4(d) are drawings illustrating the different laser beam scan patterns obtainable by the laser beam scanning apparatus of the present invention.

15 Figures 5(a) - 5(b) are drawings illustrating the laser beam scan patterns obtainable by the X-Y laser beam scanning apparatus of the present invention.

Figure 6 is a block schematic diagram illustrating a preferred embodiment of the electronic control system of the laser beam scanning apparatus of the present invention.

20 Figure 7 is a drawing illustrating an alternate embodiment of the laser beam scanning apparatus of the present invention.

25 Figure 8 is a drawing illustrating an alternate embodiment of the X-Y laser beam scanning apparatus of the present invention employing separate X and Y reflectors.

Figure 9 is a block schematic drawing illustrating a preferred embodiment of a deflector control circuit in accordance with the present invention.

30 Figure 10 is a drawing illustrating an alternate embodiment of the laser beam scanning apparatus of the present invention employing discrete diode lasers.

Figure 11 is a block schematic drawing illustrating a control circuit for the embodiment of Figure 10.

-9-

Preferred Modes of Carrying Out the Invention

Referring to Figure 2, a preferred embodiment of the laser beam scanning apparatus of the present invention is illustrated.

5 As shown in Figure 2, a laser beam 10 is provided from a laser 12. Laser 12 may be any of a large number of conventional commercially available lasers, with a power and beam characteristics determined by the specific application. For example, for compact low power  
10 applications, the laser 12 may be a semiconductor laser. For high power applications, a variety of other lasers are available such as gas lasers, including CO<sub>2</sub>, krypton or argon lasers and solid state lasers, including ruby, Nd:Yag or Nd:glass lasers, for example. Also, laser 12 may be  
15 pulsed or continuous depending on the application and the power requirements. As shown in Figure 2, the laser 12 is coupled to a conventional power supply 14 which in turn may be coupled to a conventional power supply (not shown).

Laser beam 10 is provided from laser 12 to modulator/  
20 deflector 16. The modulator/deflector 16 serves the dual function of modulating the laser beam 10 in response to a data signal provided along line 18 as well as shifting the laser beam 10 in the direction of arrow 20 in response to a control signal provided along line 22. As will be  
25 discussed in more detail in relation to Figure 6 below, the data signal provided along line 18 and the control signal provided along line 22 are provided from control electronics module 24 which in turn receives an externally provided data signal along line 26. In some applications,  
30 however, the data signal provided along line 18 and the modulator function of modulator/deflector 16 may be dispensed with. Such applications would include those for which the laser beam 10 is provided solely for illumination purposes and is not used to provide pixel or other  
35 information along the beam scan direction. Such applications may include the provision of an optical disc read laser, laser illumination of objects and other like



-10-

applications. In a majority of applications, however, the modulator/deflector 16 will modulate the laser beam either in an on/off manner or will modulate the intensity of the beam to create an information pattern in the laser beam as it is scanned. Additionally, the modulator/deflector 16 may provide a slight deflection in a second Y direction to correct for nonlinearities at the extreme ends of the scan line.

The modulator/deflector 16 may preferably be a commercially available acousto-optic or piezoelectric crystal based optical modulator. These devices are particularly suitable since they have a very fast response time, which, as will be appreciated from the discussion below, allows a very high scanning rate for the laser beam. Suitable acousto-optic modulators are commercially available from Isomet Corporation; for example, the Isomet model 1206C modulator/deflector and D323B optic driver together provide 1° of laser beam deflection with a 20 ns cycle time.

Alternatively, separate modulator and deflector devices may be employed with a conventional modulator being combined with an electromechanical deflector having a high speed shifting capability for the laser beam.

The laser beam 10, which is shifted in the direction of arrow 20 as indicated by the four parallel lines, is provided to first and second mirrors 28, 30 respectively, which allow the optical path of the laser beam 10 to be lengthened in a compact configuration. This lengthening of the optical path allows a relatively small angle of shifting provided by modulator/deflector 16 to translate into a relatively wide spatial shift of the beam 10 after reflection from mirror 30. In applications where the space limitations are not severe, however, the optical path may be suitably long without employing mirrors 28, 30 or, alternatively, a suitable spatial deflection of the beam may be achieved through other optical paths and combinations of reflectors. The reflected beam 10 provided

-11-

from mirror 30 in turn is directed onto a movable reflector 32.

As illustrated in perspective view in Figure 2 and in more detail in Figures 3(a) and 3(b), reflector 32 may preferably take the form of a rotatable wheel having a plurality of flat sided reflectors along the circumference thereof. The dimensions of the reflector 32 are not shown to scale in Figure 2, and the specific dimensions of reflector 32 will depend upon the specific application. The wheel shaped reflector 32 is preferably coupled through hub and spindle 34 to a variable speed motor 36. Motor 36 provides for high speed rotation of the reflector 32 such that successive flat sided reflective facets on the circumference thereof are brought into reflective contact with the laser beam 10. The rotational speed of the reflector 32 is monitored by an encoder 38 which in turn provides a signal along line 40 to the control electronics 24. The encoder signal is used to determine the rotational speed of the reflector 32 and provide a control signal along line 42 to motor 36. Encoder 38 may take the form of a semiconductor diode laser and optical detector which detects passage of each consecutive reflective facet beneath encoder 38 and provides the resulting signal along line 40 to control electronics 24. Alternatively, a mechanical or electromechanical encoder 38 may be used to derive a signal from the motor 36 or spindle 34.

Although a wheel shaped multi-faceted reflector 32 is preferably preferred, it will be appreciated that other forms of movable multi-sided reflectors may also be employed to consecutively bring reflective flat surfaces in reflective contact with laser beam 10. Such alternate reflectors may be actuated by any number of a wide variety of electromechanical actuator systems, including linear and rotational motors, with a specific actuator system chosen to provide the desired speed of the facets relative to the laser beam 10 for the specific application.

-12-

As will be described in more detail below, the deflection of laser beam 10 by the modulator/deflector 16 relative to the reflective facets of reflector 32 and the movement of the reflective facets of reflector 32 together cause the laser beam 10 to be scanned in the X direction as indicated by the arrow in Figure 2. Furthermore, the control electronics 24 may synchronize the relative shifting speed of the modulator/ deflector 16 and the speed at which movable reflector 32 brings successive reflective facets into reflective contact with laser beam 10, to provide different scanning patterns in the X direction. Also, by adjusting the amount of deflection of beam 10 and the length of the optical path between modulator/deflector 16 and movable reflector 32, the number of facets over which the beam is shifted can be controlled. This allows further control of the scan pattern in the X direction. Also, by providing different ones of the facets of movable reflector 32 at different angles relative to a second Y direction, consecutive scans along the X direction need not be overlapping and may produce scan lines spaced apart in the Y direction. This thus provides the capability to provide an X-Y scan pattern merely by suitably adjusting the relative angles of certain of the facets of reflector 32. As will be described in more detail below, this also can be chosen to provide various X-Y scan patterns, including a conventional raster scan pattern or more complex scan patterns.

Referring to Figures 3(a) and 3(b), the reflector 32 is illustrated in more detail showing the individual flat reflective facets on the circumference thereof. In Figure 3(a), a front view of the circumference of the reflector 32 is shown in an expanded view. As shown, the circumference of reflector 32 preferably includes a large number of flat, optically isolated, reflective surfaces 44. As will be discussed in more detail below, the provision of such large numbers of facets allows very rapid scanning of very large numbers of horizontal lines. The reflective surfaces, or

-13-

facets, 44 may preferably be formed by vapor deposition of a reflective material such as Al, Ag, Ni, or other suitable reflective material, in a desired pattern by use of a mask. Alternatively, the reflective facets 44 may be deposited and then the discrete spacings between the facets 46 etched away by a suitable mechanical or chemical etching process. The width of facets 44 is preferably chosen to be slightly larger than one beam diameter. The spacings 46 between the facets should be chosen to adequately optically isolate each of the reflective facets 44. This will in turn require spacings 46 to be approximately one laser beam diameter or smaller. Since the reflective facets 44 are arranged about the circumference of the curved reflector 32, it will be appreciated that the normals to the flat surfaces extend at different angles relative to each other along the X direction. The specific number of reflective facets 44, and the angular separation of the facets may be chosen for the specific application so as to provide a desired scan line duration and resolution. A number of specific examples of such facet sizes and spacings will be described below in relation to Tables 1 - 2.

Referring to Figure 3(b), a schematic side view is shown of a portion of the reflector 32 for a preferred embodiment wherein the individual reflective facets 44 are angled relative to each other in a second Y direction. In this embodiment of the present invention, scanning of the laser beam in an X-Y plane may be achieved within the basic relatively simple apparatus illustrated in Figure 2. More specifically, by virtue of the reflective facets 44 having differing normal angles in the Y direction, it will be seen that the beam will be scanned in discrete lines spaced in the Y direction with each line being dictated by the angle of the respective facet. Therefore, the number of facets having distinct angles in the Y direction will be chosen to be equal to the desired number of scan lines spaced in the Y direction. Preferably, the angular difference between consecutive facets will be chosen to give equal spacing

-14-

along the Y direction. As will be discussed below, the arrangement of the angled facets around the circumference of the reflector can be chosen in conjunction with synchronization and the shifting of the laser beam to provide different X-Y scan patterns. Such X-Y patterns may include a conventional raster scan pattern or a unique parallel scan pattern.

Referring to Figures 4(a) - 4(c), three distinct horizontal scan patterns which may be provided by the laser beam scanning apparatus of the present invention are illustrated. In these figures, the laser beam trace provided on the target surface is illustrated along with the facet number which the laser beam is in contact with for the specific trace being indicated. The drawings of Figures 4(a) - 4(c) assume that the target is a flat screen with the laser beam being scanned linearly in the X direction. Also, the illustrations in Figures 4 (a) - 4 (c) assume a laser beam diameter approximately equal to the reflective facet width with the individual facets being optically decoupled.

Referring to Figure 4(a), the scan pattern is illustrated for the mode of operation in which the reflector 32 (referring to Figure 2) is held stationary and the modulator/deflector 16 shifts the laser beam across the reflector 32 so as to consecutively hit seven reflective facets. As may be seen from Figure 4(a), the resulting pattern is essentially seven discrete spots or pixels equally spaced along the entire scan direction. The scan angle which the scan line illustrated in Figure 4(a) subtends will depend upon the relative angles of the facets 1 and 7 to each other in the X direction. The scan angle may reach  $180^\circ$  if the total angle between these facets is  $45^\circ$ . Greater than  $180^\circ$  of scan angle may also be achieved if the deflector scans the beam over facets with greater than  $45^\circ$  of relative angle. Such a large scan angle might be used for X direction scanning of a curved target surface or illumination of objects. While seven discrete scan

-15-

points are illustrated in Figure 4(a), it will be appreciated that a much larger number may be equally provided with seven only being presented for convenience of illustration.

5           Due to the very fast response time provided by commercially available solid state laser beam deflectors, the scan rate for the pattern illustrated in Figure 4(a) may be very high. For example, as noted above, commercially available solid state modulators/deflectors  
10           can achieve a response time of approximately 2 nanoseconds (ns) per deflector cycle, leading to a corresponding scan line time for the pattern of Figure 4(a). Nonetheless, due to the inherent limitations on the number of facets which may be provided, the number of dots of resolution for the  
15           scan pattern of Figure 4(a) is inherently limited. Accordingly, the scan pattern of Figure 4(a) is not a presently preferred mode of operation of the laser beam scanning apparatus of the present invention for most applications requiring relatively high resolution.

20           Referring to Figure 4(b), an alternate scan pattern is illustrated corresponding to a second mode of operation of the laser beam scanning apparatus of the present invention. In the mode of operation of Figure 4(b), the reflector 32 is rotated as the laser beam is swept across successive  
25           facets thereof by the modulator/deflector 16. In this mode of operation, the modulator/deflector 16 is adjusted so as to sweep the beam at a much faster rate than the angular speed of the reflector 32. In this mode of operation, the horizontal scan line is "filled in" by the consecutive  
30           sweeping of the beam across the facets as the reflector rotates.

          More specifically, in Figure 4(b) the second and third cycles of the deflector across the facets 1 - 7 are illustrated by the primed facet numbers. As may be  
35           appreciated from the resulting pattern, as the deflector sweeps the laser beam across the seven facets, the reflector 32 rotates slightly so that when the second cycle

-16-

of the deflector returns the beam to facet number 1, the laser beam trace is now at position 1'. Similarly, the beam is swept to consecutive positions 2', 3' - 7', as shown in Figure 4(b). In this manner, through consecutive  
5 cycles of the deflector, the entire horizontal line will be scanned out in a parallel manner to make a continuous horizontal line with high resolution. The entire horizontal scan line is thus scanned out in a time period corresponding to a revolution of the reflector through the  
10 angle separating scan points 1 and 2. In other words, the angle through which the reflector must rotate, and hence the scan duration for a given polygon speed, has been reduced to 1/7 that required for a conventional rotating mirror such as illustrated in Figure 1. It will be readily  
15 appreciated that as the number of facets swept by the deflector are increased, even more significant increases in scan speed may be obtained.

If the laser beam signal is modulated to provide pixel or other information while the beam is scanned along the X  
20 direction, the scan pattern of Figure 4(b) will require a serial to parallel conversion of the data so that the scanning of the seven segments can occur in parallel in accordance with the pattern of Figure 4(b). While this entails some additional complexity to the control system  
25 over a conventional horizontal scanning system, the significant increases in speed and resolution provided nonetheless make this a preferred mode of operation for applications requiring high speed scanning through a wide scan angle.

30 Referring to Figure 4(c), a laser beam scan pattern is illustrated corresponding to a third mode of operation of the laser beam scanning apparatus of the present invention. As illustrated in Figure 4(c) by the single line corresponding to a single facet 1, the mode of operation of  
35 Figure 4(c) maintains the laser beam on a single facet throughout the scan line. This is achieved by synchronizing the speed of the deflector to be equal to

-17-

that of the reflector 32. This implementation of the present invention requires the reflector to move through the entire angular range desired to be scanned, and thus scanning speed is reduced relative to the mode of operation of Figure 4(b). The continuous scanning of the beam across the horizontal direction obviates the need for any buffering of the modulation data, however, and hence provides reduced complexity to the control system. Furthermore, in relation to a conventional system such as illustrated in Figure 1, significant advantages are provided in that a very small reflector 32 may be employed since the laser beam does not traverse a reflective surface as it is scanned. Hence, the size of the reflector does not place any limitations on the resolution provided in the scan direction. Accordingly, the above-noted mechanical problems relative to the rotation of a large polygon are obviated by the present invention, allowing high speed rotation and higher scanning when operating in the mode illustrated by Figure 4(c).

The significant advantages provided by the laser scanning apparatus of the present invention may be appreciated by considering specific examples of reflector rotation speed, number of facets on the reflector, the number of facets hit by the laser deflection, and the resultant performance characteristics provided thereby. Illustrated in Tables 1 - 2 below are such entries corresponding to a wheel shaped reflector as generally illustrated in Figure 2 with the noted reflector facet and reflector speed entries. Inspection of the entries in these tables shows that very high performance scanning with high resolution may be provided in a number of specific implementations of the present invention operated in mode 2 described above in relation to Figure 4(b). (Mode 3 described above in relation to Figure 4(c) will have the same characteristics but with the scan speed reduced by the number of facets in each table.)



Table 1

Example	Polygon Speed (RPS)	Number of Facets	Facet Length (in)	Diameter of Polygon (in)	Distance of Facet to Target (in)	Duration Time per Line (sec)	Horizontal Line Length (in)	Dots per Horizontal Line	Number of Facets Hit by Laser Deflection	Lines per Second
1	50	100	.050	1.625	12	.0014	10.5	70,000	7	5,000
2	100	100	.050	1.625	12	.000700	10.5	35,000	7	15,000
3	150	100	.050	1.625	12	.000466	10.5	23,000	7	15,000
4	200	100	.050	1.625	12	.000350	10.5	17,000	7	20,000
5	250	100	.050	1.625	12	.000280	10.5	14,000	7	25,000
6	300	100	.050	1.625	12	.000233	10.5	14,000	7	30,000
7	350	100	.050	1.625	12	.000200	10.5	14,000	7	35,000
8	400	100	.050	1.625	12	.000175	10.5	8,000	7	40,000
9	450	100	.050	1.625	12	.000155	10.5	7,777	7	40,000
10	500	100	.050	1.625	12	.000140	10.5	7,000	7	55,000
11	550	100	.050	1.625	12	.000127	10.5	6,363	7	55,000
12	600	100	.050	1.625	12	.000116	10.5	5,833	7	60,000
13	650	100	.050	1.625	12	.000107	10.5	5,384	7	60,000
14	700	100	.050	1.625	12	.000100	10.5	5,000	7	70,000
15	700	100	.050	1.625	12	.000093	10.5	4,666	7	75,000

- 19 -

Table 2

Example	Polygon Speed (RPS)	Number of Facets	Facet Length (in)	Diameter of Polygon (in)	Distance of Facet to Target (in)	Duration Time per Line (sec)	Horizontal Line Length (in)	Dots per Horizontal Line	Number of Facets Hit by Laser Deflection	Lines per Second
1	50	100	.025	.810	12	.0028	42	140,000	14	5,000
2	100	100	.025	.810	12	.0014	42	70,000	14	10,000
3	150	100	.025	.810	12	.000933	42	46,000	14	15,000
4	200	100	.025	.810	12	.000700	42	35,000	14	20,000
5	200	100	.025	.810	12	.000560	42	28,000	14	25,000
6	300	100	.025	.810	12	.000466	42	23,333	14	30,000
7	350	100	.025	.810	12	.000400	42	20,000	14	35,000
8	400	100	.025	.810	12	.000350	42	17,500	14	40,000
9	450	100	.025	.810	12	.000311	42	15,555	14	35,000
10	500	100	.025	.810	12	.000280	42	14,000	14	50,000
11	550	100	.025	.810	12	.000254	42	12,727	14	55,000
12	600	100	.025	.810	12	.000233	42	11,666	14	60,000
13	650	100	.025	.810	12	.000215	42	10,769	14	65,000
14	700	100	.025	.810	12	.000200	42	10,000	14	70,000
15	750	100	.025	.810	12	.000186	42	9,333	14	75,000

-20-

5 Referring to Figures 5(a) and 5(b), two X-Y laser beam scan patterns are illustrated corresponding to the apparatus of Figure 2 with the reflective facets angled as illustrated in Figure 3(b).

10 Referring first to Figure 5(a), as indicated by the facet and line numbers along the side of the scanned pattern, each facet of the reflector corresponds to a distinct scan line. That is, each facet 44, as illustrated in Figure 3(b), is angled at a different angle relative to the Y direction so that a distinct scan  
15 line is created by each facet as the reflector 32 is rotated in the X direction. Thus, for example, in an application where a conventional video pattern having 368 scan lines were to be created, 368 distinct facets 44 would be provided along the circumference of the  
20 reflector 32, each facet being angled at a slightly different angle in the Y direction. In a manner similar to that discussed in relation to Figures 4(a) and 4(b), the modulator/deflector 16 shifts the laser beam over some portion of the circumference of the reflector 32  
25 hitting a number of facets to create distinct scan segments illustrated by the numbered segments in Figure 5(a). For example, the pattern in Figure 5(a) shows seven segments spaced across the X direction, which number of segments corresponds to the beam being shifted  
30 across seven distinct facets. The numbers over each scan line segment correspond to the timing at which each segment is scanned out, in units of the scan period for a single segment. Thus, all the segments labeled 1 are scanned out together as the modulator/deflector 16 shifts  
35 the laser beam over the seven facets, creating a portion of horizontal scan lines 1-7. As the reflector rotates across the angular range of a segment, the deflector is cycled at high speed to create the individual scan points indicated by the dots in each segment 1. Although  
40 relatively few dots are shown in each segment for illustrative purposes, it will be appreciated that due to

-21-

the very high cycling speed of the modulator/deflector 16, an extremely large number of individual scan points may be provided in each segment during the rotation of the reflector.

5           Similarly, the rotation of the reflector through a second scan segment angle generates the seven scan segments labeled 2 in Figure 5(a). It will also be appreciated by inspection of the pattern of Figure 5(a) that as the second set of segments are scanned, the beam  
10 has been shifted to the eighth facet and eighth line with the first facet and first line having rotated out of the range of deflection of the laser beam 10. It will thus be appreciated that the X-Y pattern in Figure 5(a) is scanned out in a parallel manner, seven scan lines deep.  
15 It will also be appreciated from the upper boxed portion of the pattern in Figure 5(a), that during the initial start up of the scanning apparatus the first six lines of the X-Y pattern will not be fully scanned. This is the case since the first six facets will rotate out of the  
20 deflection range of the laser beam before the entire scan angle is traversed. The area in the scan pattern within the dashed box thus corresponds to this incomplete portion of the scan pattern. The missing portion of the scan pattern will, however, be filled in when the bottom of the pattern is reached as the reflector rotates  
25 through 360° since the first six facets will enter the deflection range of the laser beam before the final scan line is traced out. Thus, the data corresponding to the dashed portion of the X-Y scan pattern may be stored in  
30 a buffer and used to modulate the laser beam during the end of the pattern and the beginning of the next field. Alternatively, data modulation may commence with facet 7 of the reflector with that facet thus corresponding to scan line 1. Alternatively, a space can be provided  
35 between the last facet and the first facet with the data signal and the rotation of the deflector synchronized accordingly.

-22-

Although the pattern of Figure 5(a) is illustrated for a mode of operation where seven scan lines are scanned in parallel, it will be appreciated that a greater number of facets may be hit by the deflector and hence a greater number of scan lines scanned in parallel. Thus, it will be appreciated that the present invention provides the capability to scan an X-Y pattern out in a very high speed manner. Furthermore, due to the high speed nature of the deflector, a very high degree of resolution may be provided by providing a large number of deflector cycles within each scan segment.

Referring to Figure 5(b), an alternate scan pattern is illustrated corresponding to a second mode of operation of the laser beam scanning apparatus of the present invention. The scan pattern illustrated in Figure 5(b) corresponds to a sequential scanning of lines from the top to bottom of the Y direction. This thus makes the control system compatible with data provided in a conventional raster scan format. This pattern is achieved by synchronizing the modulator/deflector 16 with the rotation of the reflector 32 so that the laser beam is maintained on a single facet as it is traversed across the entire X scan direction. After completion of a scan line the deflector cycles the beam back to the initial position at which time a different facet will have rotated into position. For example, assuming the same seven facet deflection range as discussed in relation to Figure 5(a), the second scan line will correspond to the seventh facet. Similarly, the third scan line corresponds to the 14th facet, etc. as illustrated by the facet and line numbers provided for Figure 5(b). Thus, the angling of the facets about the circumference of reflector 32 in the Y direction is chosen so that every seventh facet provides the desired angular displacement to provide the next scan line. In the mode of operation providing the scan line pattern of Figure 5(b), the X-Y pattern will not be scanned out in parallel as in the

-23-

case of Figure 5(a), and will be accordingly slower. Nonetheless significant advantages are provided over a conventional system since a mechanically simple configuration is provided which provides relatively high scanning speeds with a high degree of resolution.

It will be appreciated that different combinations of staggering of facet angles relative to the Y direction and different relative speeds of operation of the deflector and the reflector may provide other X-Y patterns. The patterns of Figure 5(a) and Figure 5(b) are presently preferred for most applications, however.

Referring to Figure 6, a preferred embodiment of the control system 24 is illustrated in block schematic form. As shown, the control system 24 preferably includes a reflector motor control circuit 48 which provides a control signal to the reflector motor to establish a desired motor rotational speed for the specific mode of operation chosen. The motor control circuit in turn receives a feedback signal derived from the encoder signal provided along line 40 to a reflector speed detection and synchronization circuit 50. Through the feedback from the reflector speed detection circuit 50, the motor control circuit 48 may precisely control the desired rotational speed of the motor.

The reflector speed detector and synchronization circuit 50 also derives a synchronization signal corresponding to the specific angular position of the reflector 32 and provides it to modulator timing circuit 52, X deflector control circuit 54 and Y deflector control circuit 56. Circuit 50 may, for example, provide a synchronization signal for each facet as it moves about the circumference of reflector 32. Alternatively, where the laser beam scanning apparatus is operated in a mode wherein the laser beam is maintained on a single facet throughout the deflector range, the circuit 50 may provide a synchronization signal corresponding to a rotation through an entire scan line angle.

-24-

Still referring to Figure 6, the modulator timing circuit 52 receives the synch signal from circuit 50 along with a data signal provided along line 58 to modulate the laser beam in accordance with the specific scan pattern chosen. In the embodiment where the scan pattern is chosen to be one in which the scan lines are scanned in parallel segments, for example, as described above in relation to Figure 4(b) or 5(a), the data signal will be provided from data decoding circuitry. For example, in the embodiment illustrated in Figure 6, the data decoding circuitry includes a data buffer 60 and a serial to parallel converter 62. For example, for a horizontal scanning application, the data buffer 60 will receive externally provided data along line 26 for an entire scan line and provide it to serial to parallel converter 62. Serial to parallel converter 62 in turn provides the buffered data in parallel form, corresponding to the number of scan segments, to the modulator timing circuit 52. Where an X-Y scan pattern is to be provided, the data buffer 60 will receive and buffer data corresponding to the number of scan lines being scanned in parallel. This buffered data in turn is provided to serial to parallel converter 62 which will convert it to a parallel format corresponding to the scan pattern of Figure 5(b).

Still referring to Figure 6, the X deflector control circuitry 54 receives the reflector synch signal from circuit 50 and synchronizes the deflector with the motion of the reflector 32 in one of the modes described above. The Y deflector control circuitry 56 in turn receives the reflector synch signal from circuit 50 as well as a signal from X deflector control 54 to detect when the laser beam reaches the extreme edges of the horizontal scan line(s) to provide a correcting Y deflection to remove any nonlinearities introduced by the beam optics. In particular, for scanning in the X-Y directions, the Y deflector control circuit 56 will adjust the amount of Y

-25-

deflection at the extreme portion of the horizontal scan lines in accordance with the horizontal line being scanned.

5 In applications where the laser beam scanning apparatus of Figure 2 is used purely for laser beam illumination, the modulator timing circuit 52 as well as the data decoding circuitry 60 and 62, may be dispensed with. Also, for many such applications, the accuracy of the scan lines is less important than for a data  
10 provision system in which case the Y deflector control circuitry 56 may also be dispensed with as well as the coupling of the reflector speed detection and synchronization circuit 50 to the X deflector control 54. Of course, it will be appreciated that further  
15 modifications and variations in the control circuitry of Figure 6 may be made in accordance with the specific application of the laser scanning apparatus of the present invention.

Referring to Figure 7, an alternate embodiment of  
20 the laser beam scanning apparatus of the present invention is illustrated. In the embodiment of Figure 7, the majority of the components of the system correspond to those of Figure 2, with like numerals being used. In the embodiment of Figure 7, however, the wheel shaped  
25 reflector 32 has been replaced with a belt shaped reflector 64 mounted on first and second pulleys 66, 68, respectively. The belt 64 includes a large number of flat reflective surfaces 70 mounted on the outer surface of the belt. Since the length of the belt 64 is not  
30 limited by the angular size of the pulley 66, an arbitrarily large number of facets 70 may be provided. This embodiment is suitable for an application where a very large number of horizontal scan lines are desired for an X-Y scanning pattern. In this case, the length of  
35 belt 64 and the number of facets 70 would be chosen to provide the desired number of different angled facets to create the desired number of horizontal scan lines.



-26-

Referring to Figure 8, an alternate embodiment of the present invention is illustrated for providing an X-Y scan pattern employing two movable reflectors 72, 74. In the embodiment of Figure 8, a laser beam 10 is provided from laser 12 to modulator/deflector 16 which functions as described in relation to Figure 2 above. Beam 10 is then provided to the first movable reflector 72 which scans the laser beam 10 in a first X direction in a manner as described above in relation to the apparatus of Figure 2. The scanned beam 10 is provided to the second movable reflector 74 which has a plurality of elongated reflective sides 76 which receive the laser beam 10 as it is scanned along the horizontal direction. The length direction of the reflective sides 76 thus corresponds to the scan direction provided by first reflector 74. After completion of a horizontal scan line, the second movable reflector 74 is rotated by stepper motor 78 so that reflective surface 76 defines a second horizontal scan line displaced from the first scan line in the Y direction. It will thus be appreciated that the stepping of the second movable reflector through a desired number of discrete angular increments will produce an X-Y scan pattern with a desired number of scan lines.

The modulator/deflector 16 and first movable reflector 72 preferably operate in a horizontal scan mode as described above in relation to Figures 4(a) - (c). The synchronization of the first reflector 72 and second reflector 74 may be achieved in combination with modulator/deflector 16 by control electronics 80. While the embodiment of Figure 8 provides additional mechanical complexity due to the presence of the second movable reflector 74, in some applications, for example, those requiring a very large number of vertical scan lines, the embodiment of Figure 8 may be preferred.

Referring to Figure 9, a block schematic drawing of a deflector control circuit suitable for use with the above-described embodiments is illustrated. For example,

-27-

the illustrated deflector control circuit may be suitably employed for deflector control circuit 54, illustrated in Figure 6. As illustrated, the deflector control circuit employs first, second and third high speed switches 82, 84 and 86, respectively. These three switches 82, 84, and 86 selectively couple four drivers 88, 90, 92 and 94 to the acousto-optic deflector (e.g. deflector 16 illustrated in Figures 2, 7 and 8). Drivers 88, 90, 92 and 94 may, for example, be commercially available RF drivers such as those discussed above available from Isomet Corporation. Each of the drivers 88, 90, 92 and 94 are tuned or preset to a frequency to provide a desired fixed degree of deflection for the laser beam passing through the deflector 16. These predetermined deflection amounts will correspond to the amount of deflection needed to direct the laser beam to four separate facets of the movable reflector (e.g. rotatable polygon 32 in the embodiment illustrated in Figure 2).

Due to the very fast response time of commercially available acousto-optic modulators (presently in the several nanosecond range) and the high speed switching action of switches 82, 84 and 86, the circuit illustrated in Figure 9 may effectively jump the laser beam in discrete steps from facet to facet at high speed and in a precise manner. The timing of the stepping of the beam from facet to facet, via the activation of switches 82, 84 and 86, is controlled by timing control circuit 96. As illustrated in Figure 9, timing control circuit 96 preferably receives the SYNCH signal from circuit 50 (shown in Figure 6), which provides an indication of the rotational speed of the reflector. This SYNCH signal is employed by timing control circuit 96, along with a higher speed clock signal (which may be externally provided or generated within circuit 96), to control the switching of switches 82, 84 and 86 at a high speed relative to the angular speed of the rotating deflector.

-28-

Thus, for example, when a first signal (e.g. high) is applied to switch 82 and switch 86, corresponding to the switch positions indicated in Figure 9, the driver signal from driver 88 will be applied to the acousto-optic modulator to direct the laser beam to a first facet. Upon the signal to switch 82 going low, the switch connects driver 90, thereby switching the beam to facet number 2. Next, the signal applied to switch 86 is driven low while the signal to switch 84 is high, activating driver 92 and switching the beam to facet number 3. Finally, when the signal to switch 84 is low the driver 94 is connected to the acousto-optic modulator thereby switching the beam to facet number 4.

It will, of course, be appreciated that four drivers corresponding to switching between four facets is illustrated purely for convenience in Figure 9 and a greater or smaller number of drivers, corresponding to stepping of the beam between a greater or smaller number of facets, may equally be employed.

While the deflector control circuit illustrated in Figure 9, employing a discrete switching of predetermined driver signals to the acoustic deflector is presently preferred, it will be appreciated by those skilled in the art that an analog deflector driver circuit may equally be employed. Such an analog circuit would provide a suitable analog ramp signal to a tunable driver to thereby sweep the laser beam continuously across a desired number of facets. For example, a linear sawtoothed-type ramp signal may be employed. Also, other linear or even nonlinear analog ramp signals may be employed to rapidly move the beam from facet to facet. Since the facets are optically decoupled no beam distortion will occur as the beam is swept between adjacent facets.

Referring to Figure 10, an alternate embodiment of the laser beam scanning apparatus of the present invention is illustrated employing multiple discrete

-29-

laser diodes in place of a single laser as illustrated in the previously described embodiments. As shown in Figure 10, a rotatable multifaceted polygon 32 may be employed as in the case of the previously described embodiments.

5 This, in turn, is rotated by a motor 36 at a precise speed monitored via encoder 38, also in a manner as described above. In place of a single laser beam 10 as described above, however, plural laser beams 10a, 10b, 10c, etc. are provided from discrete laser diodes 98a, 98b, 98c, etc. As will be described in more detail below in relation to Figure 11, the individual laser diodes 98a-98e are controlled separately by control electronics 100. Although four laser diodes 98a-98d are illustrated in Figure 10, it will be appreciated that fewer laser

10 diodes or a greater number may be employed as desired for the specific application.

15

As shown in Figure 10, the parallel laser beams 10a-10d provided from laser diodes 98a-98d are focused and converged through optical elements 102, 104, which may be

20 conventional high quality optical lenses. Depending upon the constraints imposed by size limitations of the specific environment, the parallel laser beams are directed through an optical path defined by mirrors 106, 108, 110 and 112, and through a third optical element 114

25 to further converge and focus the beams, before providing them to rotating reflector 32. The four parallel laser beams 10a-10d are directed from mirror 112 in a compact substantially parallel pattern onto reflector 32 so as to individually strike four separate respective facets. The

30 beams are then reflected from their separate facets in a direction towards the desired target in a manner as indicated generally in Figure 10.

Since four discrete laser beams 10a-10d are provided by the separate laser diodes 98a-98d, it will be

35 appreciated that whereas the laser beam described previously was swept across plural facets, in the present embodiment such a sweeping action is not required and,

-30-

hence, the use of an acousto-optic deflector may be dispensed with. Furthermore, since currently available laser diodes may be switched on and off at very high speeds, the individual laser beams 10a-10d may be modulated by turning the diodes 98a-98d on and off, rather than by employing a acousto-optic modulator in the respective optical paths to modulate the beam. Alternatively, modulation may be achieved by plural such modulators in each of the parallel optical paths illustrated in Figure 10 if so desired. In either case, it will be appreciated that by independently activating or modulating laser beams 10a-10d in synchronism with the rotation of the plural facets on rotating reflector 32, a scan pattern may be created in a first scan direction in the same manner as described above in the case of the high speed sweeping of a single beam across plural facets. Similarly, additional scan directions may be added in a manner similar to that described above.

Referring to Figure 11, a block schematic diagram of a laser diode driver circuit incorporated in the control electronics 100 of Figure 10, is illustrated. The control circuit illustrated in Figure 11 is adapted to successively switch laser diodes 98a-98d on and off at high speed in accordance with a SYNCH signal related to the angular speed of the rotating reflector 32 derived from encoder 38 and in response to a DATA signal externally provided along line 26. The successive activation of the laser diodes 98a-98d so as to successively illuminate four respective facets on rotating reflector 32 is accomplished in a manner analogous to the switching operation of the circuit described in relation to Figure 9 above.

More specifically, the first, second and third switches 116, 118, and 120 are switched on and off by timing control circuit 122 so as to provide power successively to laser diodes 98a-98d. Additionally, a fourth switch 124 is further controlled by timing control

-31-

circuit 122 in response to the DATA signal so as to modulate the power on and off to an individual laser diode as it is switched on to thereby encode data into the laser beam applied to the respective facet.

5 Accordingly, it will be appreciated that the various scan patterns, described above in relation to the previous embodiments, may be achieved without employing an acousto-optic modulator/deflector by successively activating independent laser diodes in accordance with

10 the circuit illustrated in Figure 11. Alternatively, a separate switch or a separate modulator may be provided for each of the laser diodes 98a-98d so as to allow parallel illumination of the respective facets in a manner which may be independently modulated in accordance

15 with the DATA signal.

While the foregoing detailed description of the present invention has been made in conjunction with specific embodiments, and specific modes of operation, it will be appreciated that such embodiments and modes of

20 operation are purely for illustrative purposes and a wide number of different implementations of the present invention may also be made. Accordingly, the foregoing detailed description should not be viewed as limiting, but merely illustrative in nature.

-32-

Industrial Utility

5       It will be appreciated from the foregoing that the present invention has utility in a variety of applications where it is necessary to scan a laser beam, in one or more directions, accurately and at high speed. Such applications include laser printers, optical disc read/write systems, laser based displays, laser imaging, laser phototypesetting, fiber optic networking systems and other applications.

-33-

Claims

1. A laser beam scanning apparatus, comprising:  
a reflector having a plurality of reflective facets  
configured at different angles;  
5 means for providing one or more laser beams along an  
optical path to the reflector;  
means for moving said reflector at a predetermined  
angular speed;  
means for directing the one or more laser beams  
10 successively to plural facets at a high speed relative to  
the angular speed of said reflector; and  
means for synchronizing said means for moving the  
reflector and said means for directing the one or more  
laser beams so as to scan the reflected one or more laser  
15 beams in a first direction.
2. A laser beam scanning apparatus as set out in  
claim 1, wherein said reflector has a wheel shape and the  
reflective facets are positioned on the circumference of  
the wheel and wherein said means for moving said  
20 reflector comprises a motor coupled to the reflector so  
as to rotate it about its axis at said predetermined  
angular speed.
3. A laser beam scanning apparatus as set out in  
claim 1, wherein said means for providing comprises a  
25 single laser and said means for directing comprises means  
for deflecting said single laser beam at high speed  
across said plurality of facets.
4. A laser beam scanning apparatus as set out in  
claim 1, wherein said means for providing one or more  
30 laser beams comprises a plurality of semiconductor lasers  
for providing a plurality of parallel laser beams and  
said means for directing comprises a plurality of optical  
elements configured so as to direct the plural laser  
beams to separate facets and means for successively  
35 activating said plural semiconductor lasers.
5. A laser beam scanning apparatus as set out in  
claim 1, further comprising means for scanning said



-34-

reflected laser beam in a direction perpendicular to said first direction.

6. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 5, wherein said means for scanning comprises:

5 a polygon shaped reflector having a plurality of flat reflective sides, oriented so as to intercept the reflected laser beam with one side thereof and reflect the laser beam; and

10 means for rotating the polygon shaped reflector so as to cause the laser beam to traverse the side intercepting the laser beam thereby scanning the laser beam in said second direction.

7. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 1, wherein said reflector is a belt having a  
15 plurality of discrete reflective segments on the outer surface thereof and wherein said means for moving the reflector comprises first and second pulleys which engage the belt.

8. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 1, wherein said plurality of reflective facets are  
20 optically isolated from each other.

9. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 2, wherein said means for deflecting comprises an acousto-optic crystal.

25 10. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 1, further comprising means for modulating said one or more laser beams in response to an externally supplied data signal.

11. A laser beam scanning apparatus comprising:

30 a source of a laser beam;

a polygon shaped reflector configured so as to intercept said laser beam, said reflector having a plurality of flat reflective sides optically separated by non-reflective spacings; and

35 means, configured in an optical path between said source of a laser beam and said reflector, for shifting said laser beam across said reflector so as to

-35-

successively traverse a plurality of said flat reflective sides.

5           12. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 11, further comprising means, configured between said laser beam and said reflector, for modulating said laser beam in response to an externally provided data signal.

10           13. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 11, wherein said means for shifting comprises:  
an acousto-optic deflector for shifting said laser beam by a deflection amount related to a driver signal;  
and

15           driver means for providing a plurality of discrete drive signals corresponding to the plural deflection amounts required for the laser beam to contact the respective reflective sides.

20           14. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 13, wherein said driver means comprises a plurality of switches coupling a plurality of discrete driver signals to said deflector and means for selectively activating said switches.

          15. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 11, further comprising:

25           means for rotating said polygon;  
means for detecting the rotational position of said polygon; and

30           means, coupled to said means for detecting rotational position, for controlling the means for shifting in synchronization with the rotational position of said polygon shaped reflector.

          16. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 11, wherein each of said flat reflective sides are configured at a different angle in first and second directions.

35           17. A laser beam scanning apparatus as set out in claim 11, wherein each of said flat reflective sides has

-36-

a width approximately equal to the diameter of the laser beam.

18. A method for controlling the position of a laser beam comprising the steps of:

5 providing a reflector having a plurality of flat sides so as to intercept said laser beam with one of said reflective sides, said reflective sides having normal directions to the reflective surface thereof which do not lie in a plane;

10 moving said reflector so as to shift said reflective sides in a first direction; and

shifting said laser beam in the direction of motion of said flat reflective sides.

15 19. A method for controlling the position of a laser beam as set out in claim 18, wherein said beam is shifted faster than the sides.

20 20. A method for controlling the position of a laser beam as set out in claim 18, wherein said beam is shifted at the same speed as said sides so as to maintain the beam on a single side during an entire scan line.

1/8

FIG. 1  
(PRIOR ART)

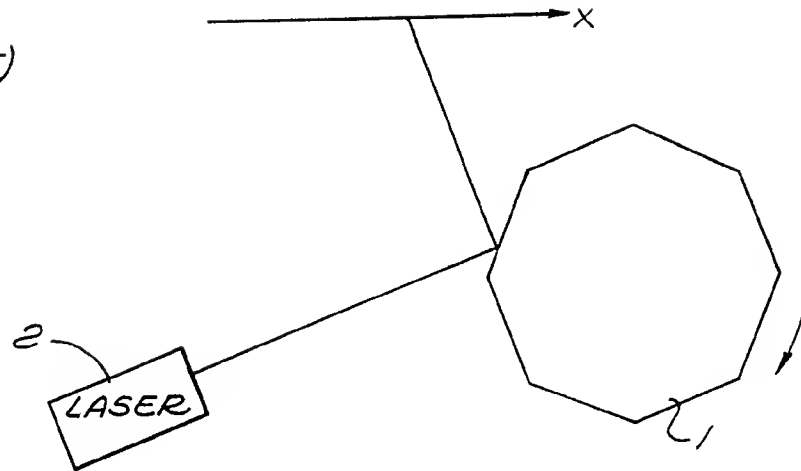
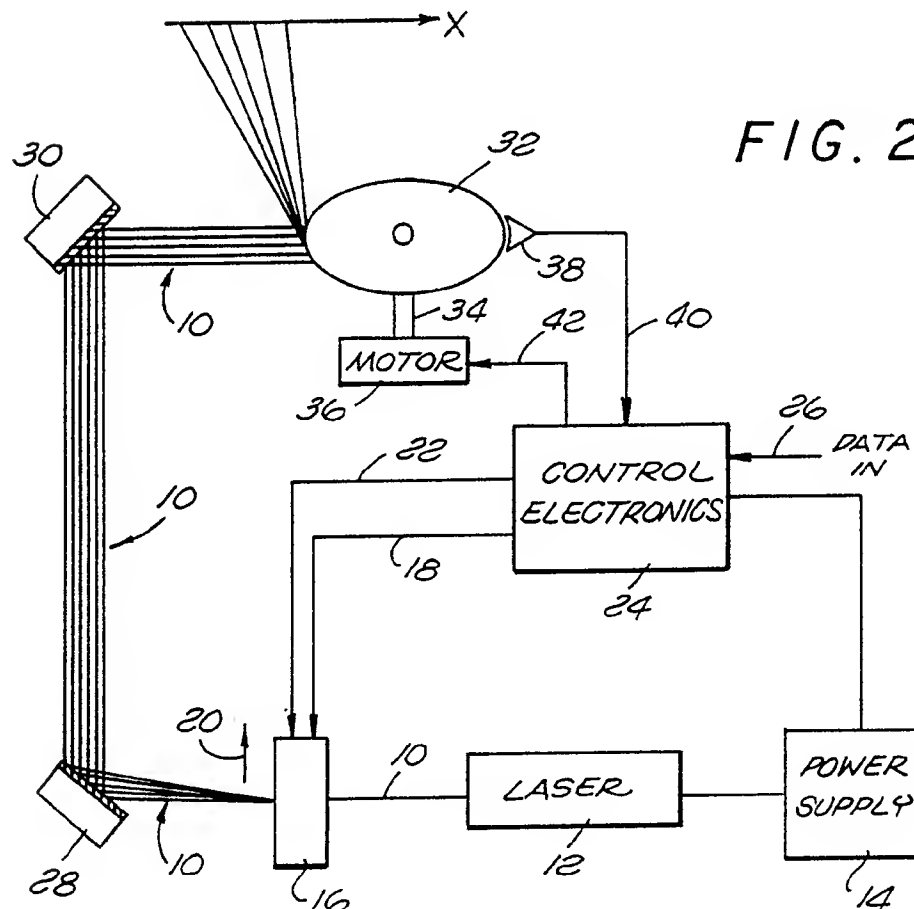
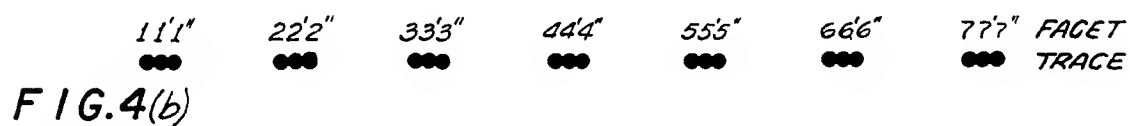
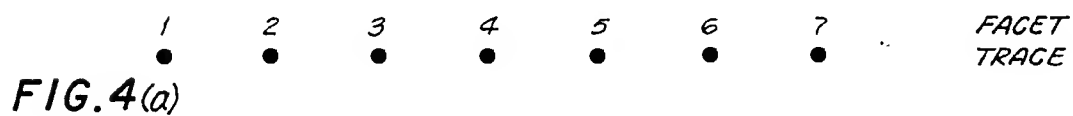
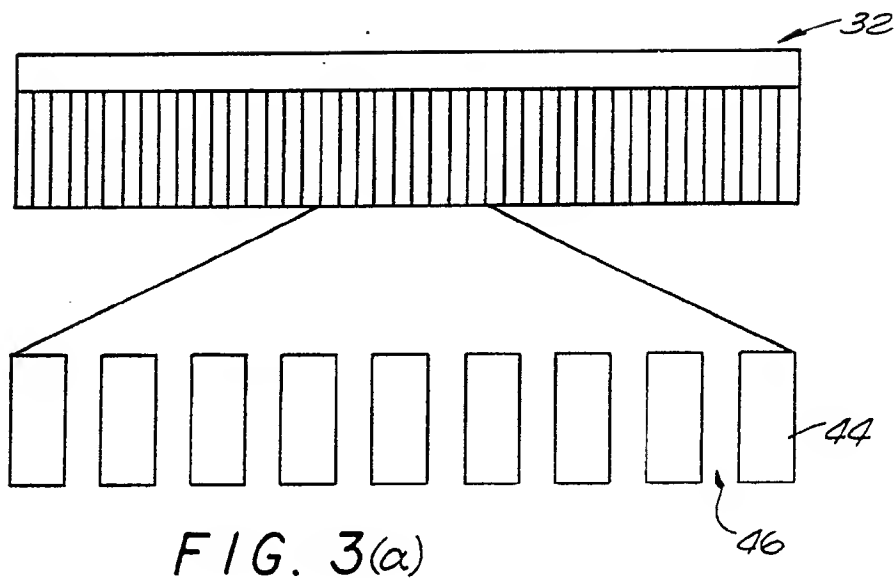


FIG. 2



2/8



3/8

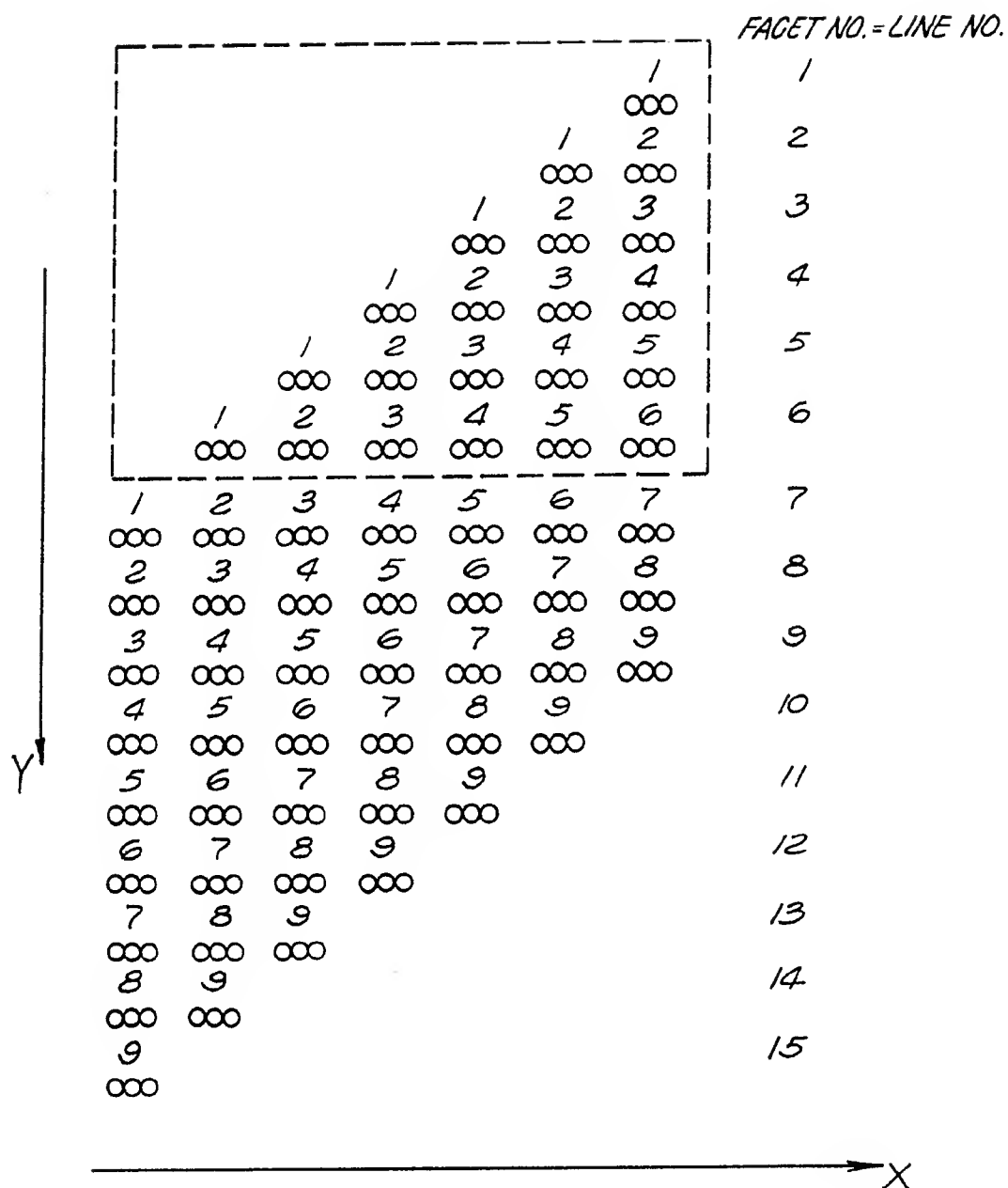


FIG. 5(a)

4/8

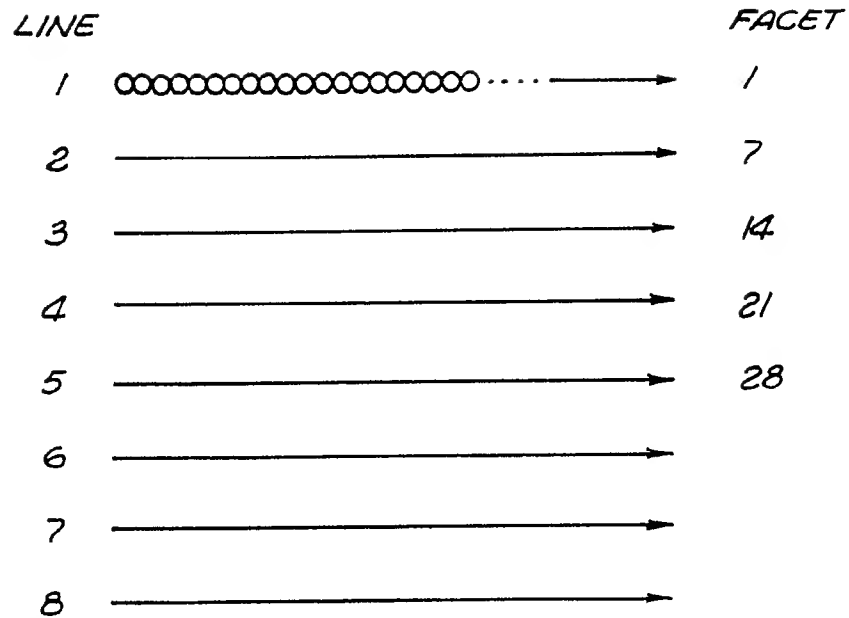


FIG. 5(b)

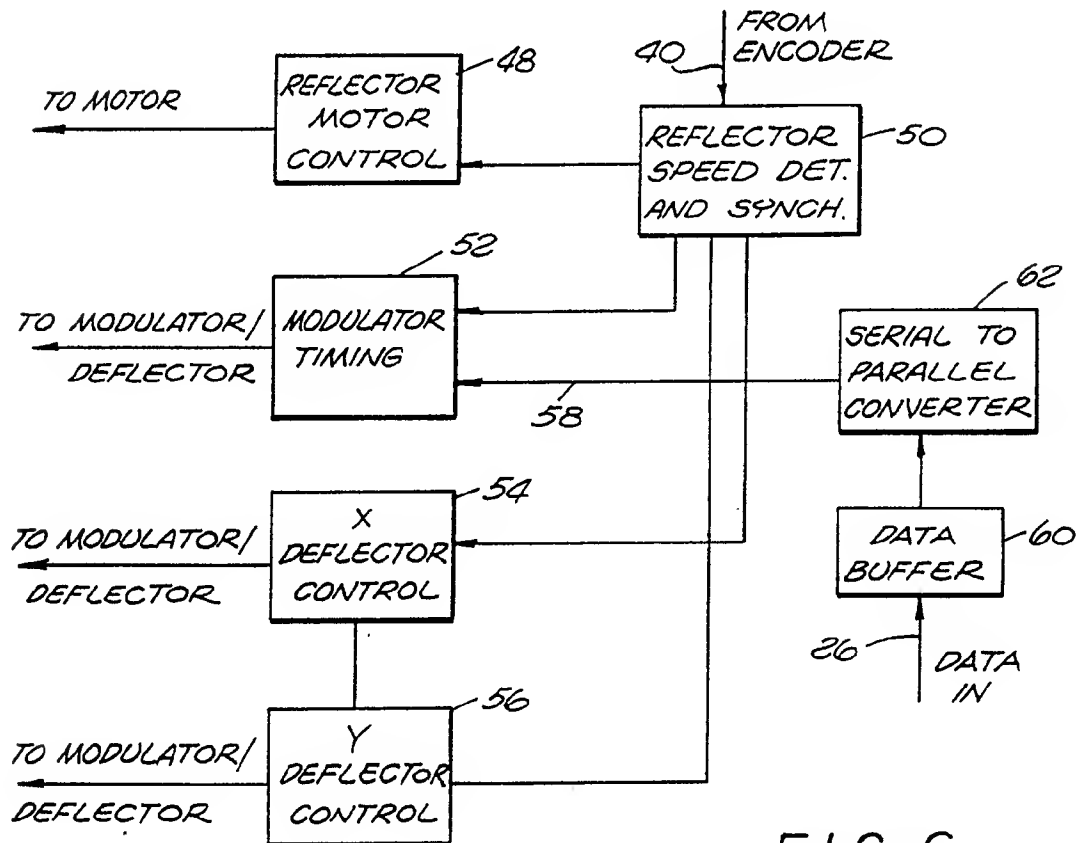
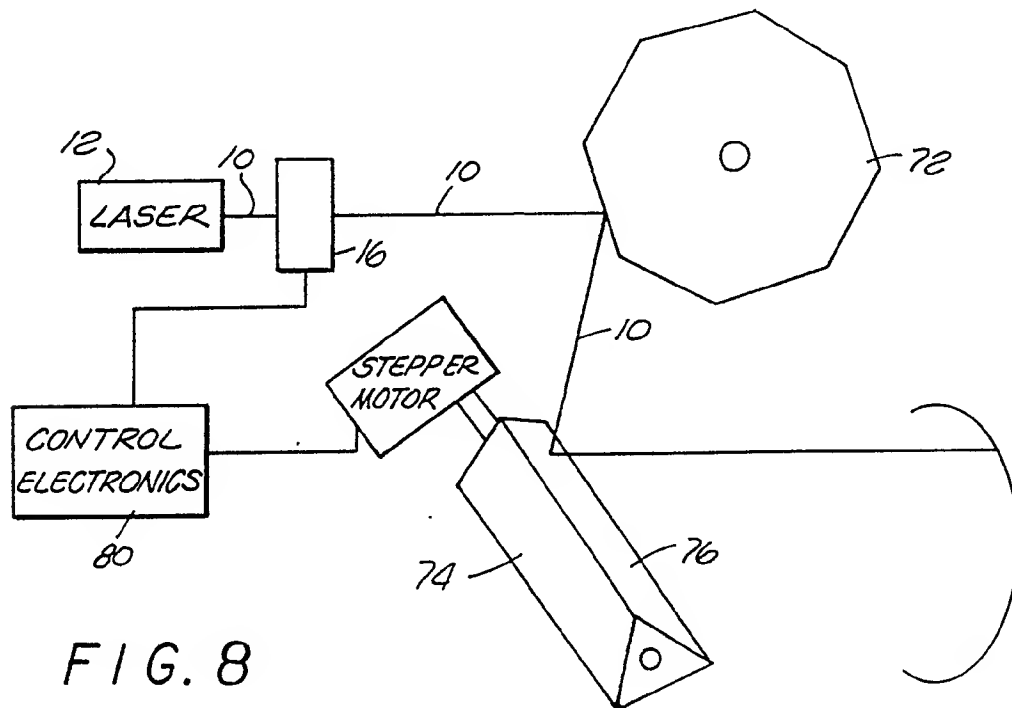
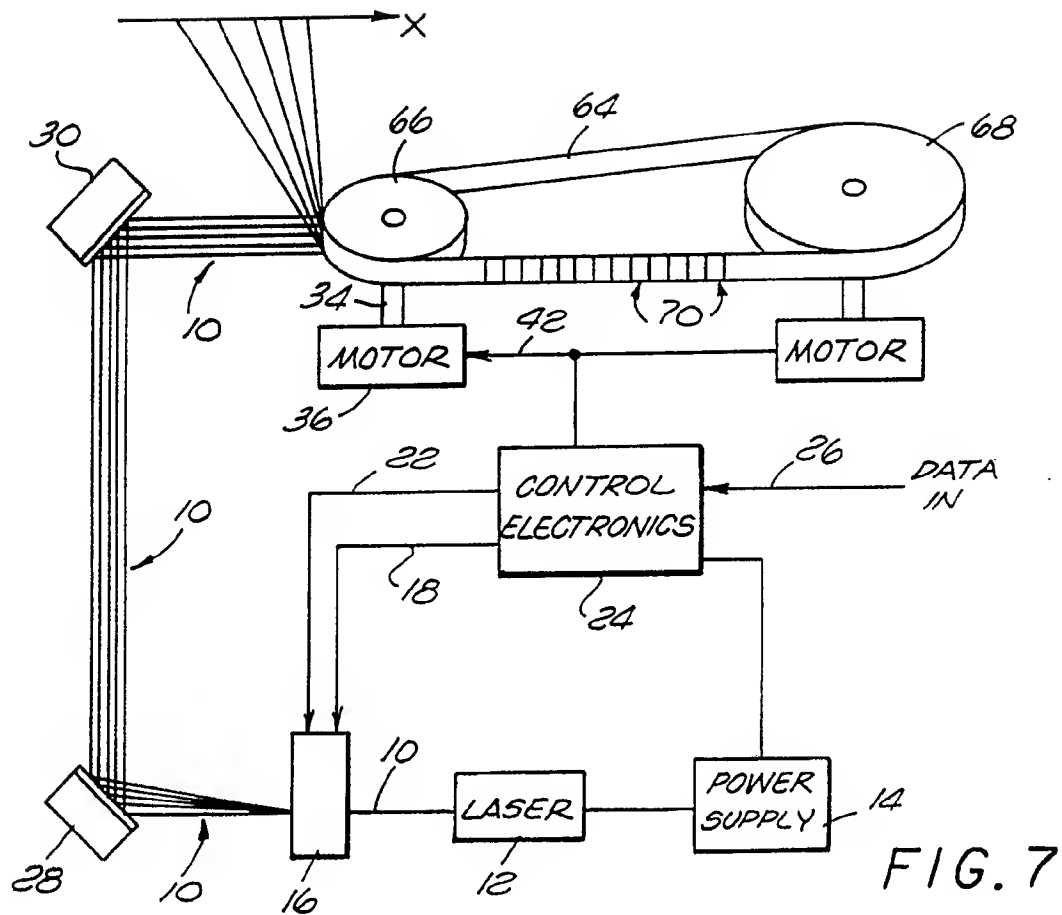


FIG. 6

5/8





6/8

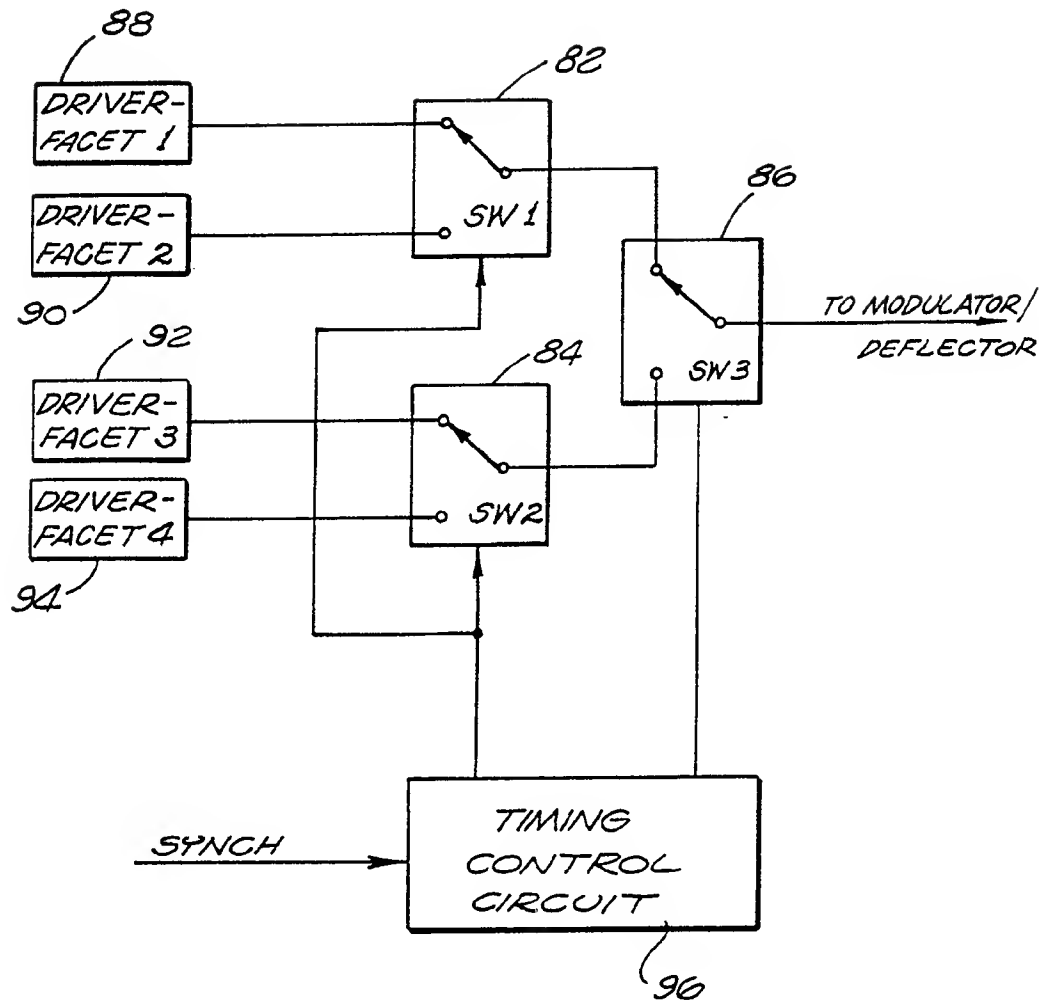
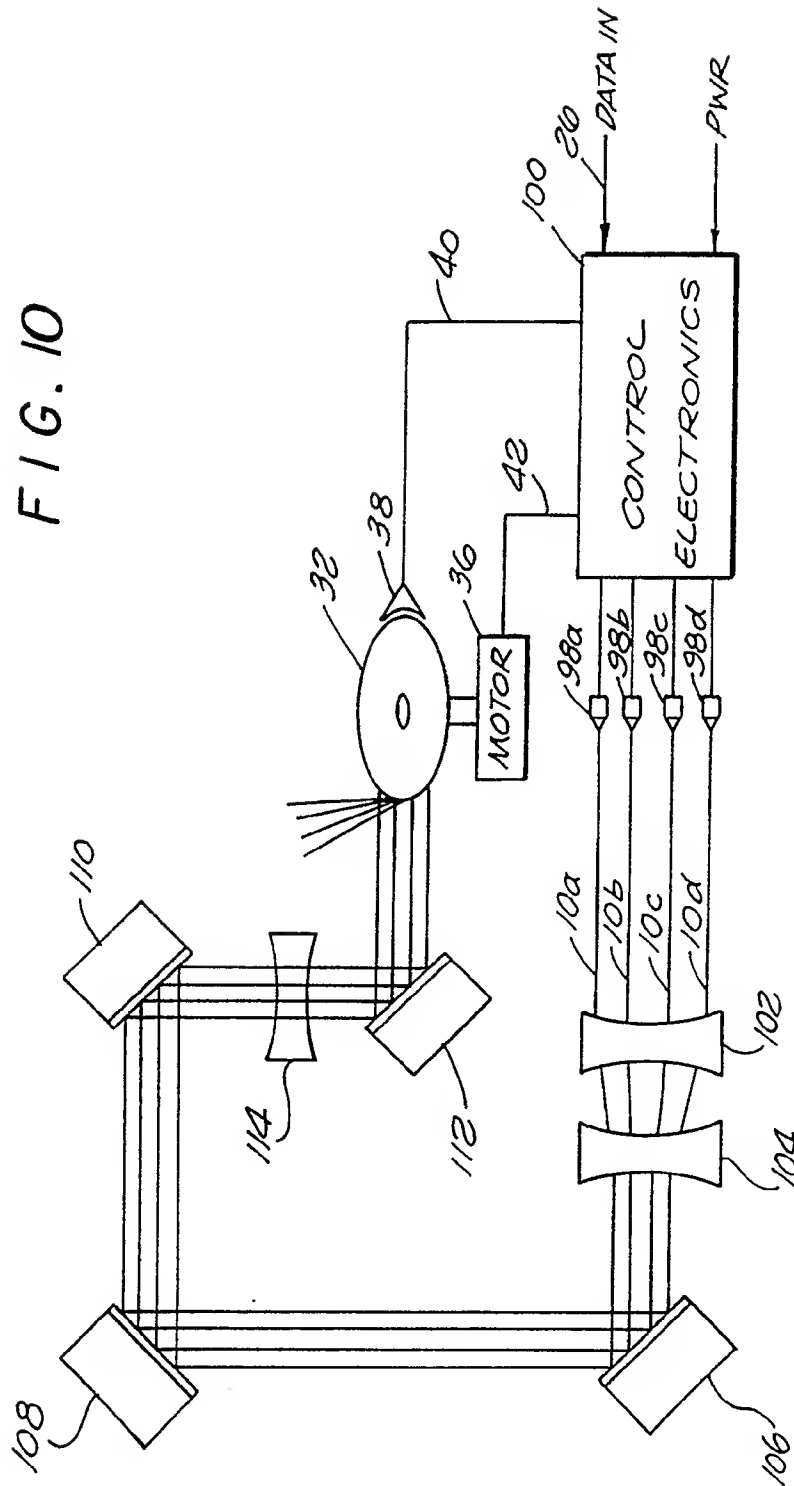


FIG. 9

$7/8$ 

FIG. 10



8/8

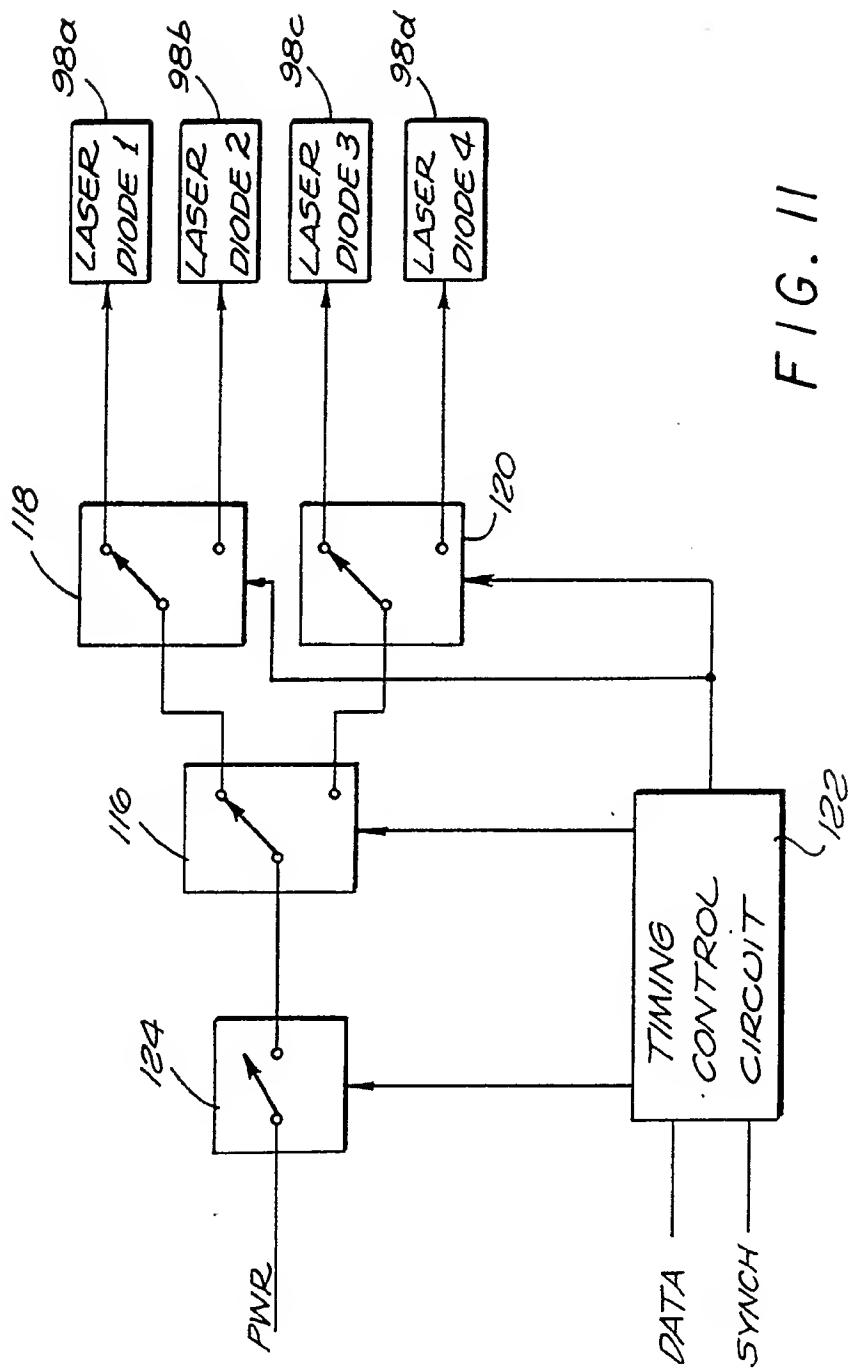


FIG. 11

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US92/04734

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC(5) :H01s 3 / 10

US CL :372/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 372/26, 29, 38, 70, 108; 372/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 4,763,334 (SHIMABA ET AL) 09 AUGUST 1988, see the entire document.	1-20
A	US, A, 4,849,980 (SHOJI ET AL) 18 JULY 1989, see the entire document.	1-20
A	US, A, 4,860,302 (JANES) 22 AUGUST 1989, see the entire document.	1-20
A	US, A, 5,012,485 (OHMORI) 30 APRIL 1991, see the entire document.	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

Special categories of cited documents:		"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance		
"E"	earlier document published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"G"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 OCTOBER 1992

Date of mailing of the international search report

80 OCT 1992

 Name and mailing address of the ISA/  
 Commissioner of Patents and Trademarks  
 Box PCT  
 Washington, D.C. 20231

Facsimile No. NOT APPLICABLE

Authorized officer

GEORGIA Y. EPPS

Telephone No. (703) 308-4883

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
11 October 2007 (11.10.2007)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 2007/114918 A2**

(51) International Patent Classification:

G03B 21/56 (2006.01) H04N 9/31 (2006.01)  
G03B 21/62 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/US2007/008318

(22) International Filing Date: 4 April 2007 (04.04.2007)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:

60/789,046 4 April 2006 (04.04.2006) US  
60/789,047 4 April 2006 (04.04.2006) US

(63) Related by continuation (CON) or continuation-in-part (CIP) to earlier application:

US 60/789,047 (CIP)  
Filed on 4 April 2006 (04.04.2006)

(71) Applicant (for all designated States except US): MICROVISION, INC. [US/US]; 6222 185th Ave Ne, Redmond, WA 98052-5034 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): KYKTA, Martin [US/US]; 3603 Palomar Lane, Austin, TX 78727-3007 (US). LEWIS, John, R. [US/US]; 16552 Se 19th Street,

Bellevue, WA 98008-5344 (US). TEGREENE, Clarence [US/US]; 10629 Ne 17th Street, Bellevue, WA 98004-2834 (US). WIKLOF, Christopher, A. [US/US]; 3531 99th Street Se, Everett, WA 98208-3123 (US).

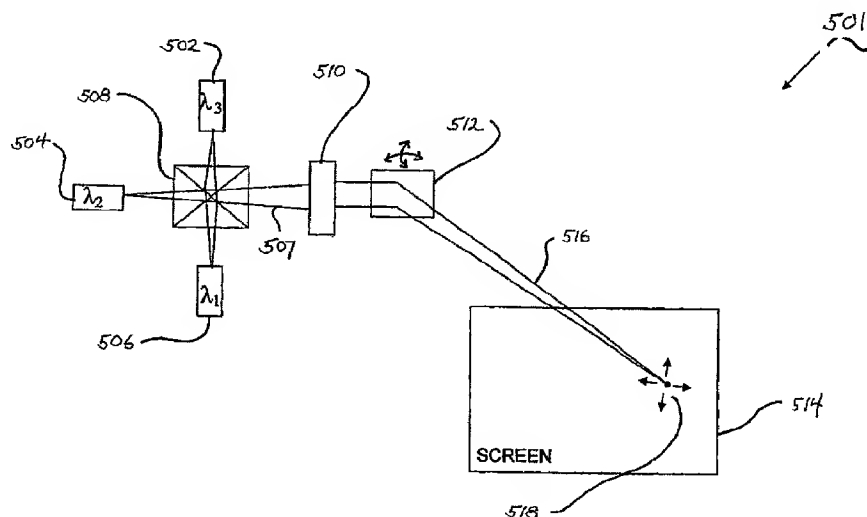
(74) Agents: SANTARELLI, Bryan, A. et al.; Graybeal Jackson Haley Llp, 155 -108th Ave Ne, Suite 350, Bellevue, WA 98004-5973 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US (patent), UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,

[Continued on next page]

(54) Title: ELECTRONIC DISPLAY WITH PHOTOLUMINESCENT WAVELENGTH CONVERSION



(57) Abstract: Embodiments including methods and apparatuses for displaying an image including generating a first modulated and scanned excitation beam; generating a second modulated and scanned excitation beam; impinging the first and second modulated and scanned excitation beams onto a photoluminescent screen; and responsively converting the wavelengths of the first and second excitation beams into different corresponding third and fourth visible wavelength photoluminescent emissions, wherein the first modulated and scanned excitation beam is substantially prevented from stimulating photoluminescent emissions at the fourth visible wavelength and the second modulated and scanned excitation beam is substantially prevented from stimulating photoluminescent emissions at the third visible wavelength.

WO 2007/114918 A2



PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

**Published:**

— *without international search report and to be republished upon receipt of that report*

## ELECTRONIC DISPLAY WITH PHOTOLUMINESCENT WAVELENGTH CONVERSION

### **CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS**

- 5   **[0001]**       The present application claims priority benefit from U.S. Provisional Application serial number 60/789,946, entitled "LAYERED PHOTOLUMINESCENT DISPLAY SCREEN", filed 4 April 2006; and from U.S. Provisional Application serial number 60/789,047, entitled "MULTICOLORED PHOTOLUMINESCENT DISPLAY SCREEN", filed 4 April 2006; both  
10   incorporated by reference to the extent they do not contradict material herein.

### **TECHNICAL FIELD**

- 15   **[0002]**       The present disclosure relates generally to displays, and more particularly to video displays configured to produce at least one color channel via photoluminescent wavelength conversion.

### **BACKGROUND**

- 20   **[0003]**       Electronic displays, including video displays fill an important roll in the technology infrastructure of our society. Scanned beam displays have shown promise in various applications. The availability of light sources at some wavelengths has heretofore hindered broad adoption of scanned beam display technologies.

**BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**

**[0004]**        **Figure 1** depicts photoluminescent wavelength conversion, according to an embodiment.

5    **[0005]**        **Figure 2** is a diagrammatic view of a display including a scanned light beam activating a photoluminescent material to produce a first visible wavelength combined with a scanned light beam having a second visible wavelength, according to an embodiment.

10   **[0006]**        **Figure 3** illustrates spectral properties of three photoluminescent systems, according to an embodiment.

**[0007]**        **Figure 4** illustrates spectral properties of two photoluminescent systems, according to another embodiment.

**[0008]**        **Figure 5** illustrates a display system operable to produce and use a composite scanning beam, according to an embodiment.

15   **[0009]**        **Figure 6** illustrates a cross-sectional view of a three layer photoluminescent screen, according to one embodiment.

**[0010]**        **Figure 7** is a cross-sectional view of a multilayer photoluminescent screen using filters between layers, according to an embodiment.

20   **[0011]**        **Figure 8** illustrates a photoluminescent screen having arrayed photoluminescent emission regions, according to an embodiment.

**[0012]**        **Figure 9** is a cross-sectional diagram of a display comprising a photoluminescent panel with a microlens array configured to focus light onto photoluminescent elements, according to an embodiment.



**[0013]**        **Figure 10** is a cross sectional diagram of a photoluminescent display screen comprising a reflective “cuplet” structure to provide directional gain, according to an embodiment.

**[0014]**        **Figure 11** is a cross-sectional diagram of a photoluminescent display screen comprising a refractive array, according to an embodiment.

**[0015]**        **Figure 12** is a cross-sectional diagram of a photoluminescent screen comprising a shadow mask, according to an embodiment.

**[0016]**        **Figure 13** shows plan views of arrays of photoluminescent systems and their placement on the substrate of **Figure 12**, according to embodiments.

**[0017]**        **Figure 14** is a diagram showing a display apparatus operable to launch excitation beams of light toward a photoluminescent display screen at particular angles, according to an embodiment.

**DETAILED DESCRIPTION**

**[0018]** Apparatuses and methods are disclosed to provide information display using photoluminescent wavelength conversion, for example using a wavelength-converting display screen to display an image to a viewer. In various embodiments, wavelength conversion may be employed to convert non-visible, nearly non-visible or visible light at an excitation wavelength to photoluminescently emitted visible light at a different wavelength. According to an embodiment, a photoluminescent display may be configured to display a color image to one or more users.

**[0019]** Figure 1 illustrates a relationship 101 between excitation light 104 at a first wavelength and photoluminescent emission light 110 at a second wavelength, according to an embodiment. Light may impinge on a photoluminescent material. Light having a wavelength falling within an absorption range 102 may be absorbed by the photoluminescent material in a proportion corresponding to an absorption spectrum 104. Impinging light having a wavelength falling within a second wavelength range 106 may be substantially not absorbed. The second wavelength range 106 may be referred to as an emission range.

**[0020]** A magnitude of the absorption portion of the spectrum 104 is indicated on the left vertical axis. A magnitude of the emission portion of the spectrum 110 is indicated on the right vertical axis. Wavelength is plotted on the horizontal axis. An absorption spectrum 104 may be a physical property of a photoluminescent material. The absorption spectrum 104 may further be determined or influenced by a physical configuration of the photoluminescent

material. An absorption spectrum 104 may have one or more peaks, with the exemplary system 101 being shown as having one absorption peak having a relative magnitude 104a at a wavelength 118.

**[0021]** The emission spectrum 110 may similarly have one or more peaks, with the exemplary system 101 being shown as having one emission peak having a relative magnitude 110a at a wavelength 120. A photoluminescent material possessing absorption and emission spectra, 104, 110 as indicated by **Figure 1** may convert energy incident upon and absorbed by the material to an emission of light having a spectrum 110. The emission spectrum 110 may be characterized by a peak wavelength 120 that may be referred to as a "photoluminescent emission wavelength." The absorption and emission of light energy occurring within the photoluminescent material results wavelength conversion characterized by a change in wavelength,  $\Delta\lambda$  116. Photoluminescent materials may be down-converting or up-converting (generally referencing photon energy). For simplicity of understanding (selected because the phenomenon corresponds to more generally familiar materials) Figure 1 may be considered to depict a photoluminescent conversion from a shorter received wavelength range 102 to a longer emitted wavelength range 106.

**[0022]** The absorption spectrum 104 may substantially terminate at a maximum wavelength 130. Above the maximum absorption wavelength 130 there is substantially no excitation of the photoluminescent material that results in an emission of light.

**[0023]** Within this description of embodiments, the term "emission spectrum" and the term "photoluminescent emission wavelength" are used to describe the emitted light energy. It will be noted that a plurality of

photoluminescent emission wavelengths may be included in an emission spectrum. At times, throughout this description of embodiments, these terms will be used synonymously to refer to the emitted light energy.

**[0024]** Narrow band light such as laser light at an excitation wavelength, incident upon a photoluminescent material may be represented by a spectral line, 119. Various devices may be used to generate the light represented at 119 including, for example, a violet or ultraviolet laser diode. Examples of typical devices are, but are not limited to Indium Gallium Nitride (InGaN) laser diodes, emitting near 408 nanometer (nm) (violet light), laser diodes emitting at the 380 nm (near-UV) band, laser diodes emitting at the 440 nm band. In one embodiment, the excitation wavelength emitted by the light source is within a range of non-visible wavelengths such as ultraviolet or approximately ultraviolet. In another embodiment, the excitation wavelength emitted by the light source is violet or nearly violet.

**[0025]** The light at the excitation wavelength 119 is absorbed by the photoluminescent material and is converted into emitted light having an emission spectrum 110 that is within a visible portion of the electromagnetic spectrum. According to various embodiments, emission spectra may correspond with a color such as red, green, blue, orange, etc. In a display using a plurality of photoluminescent emission channels, several materials, each possessing different absorption and emission spectrums, may be separately addressed to produce a desired magnitude of emission.

**[0026]** As indicated above, embodiments may be practiced using up-converting photoluminescent materials or down-converting photoluminescent materials. Embodiments may combine up-converting photoluminescent materials

with down-converting photoluminescent materials. For example, one color channel may be produced by converting near ultra-violet light to blue with a second channel produced by converting infrared light to green. A third channel, for example, red, may be produced by a red laser diode directly.

5   **[0027]**       According to an embodiment, a first portion of an image may comprise a first visible component of a scanned beam and a second portion of an image may comprise photoluminescent emission. According to an embodiment, the photoluminescent emission may be excited by a second component of the scanned beam.

10   **[0028]**       A diagram of a structure operable to combine a visible scanned beam component with a photoluminescent emission component is shown in **Figure 2**. In Figure 2, a scanned beam display 201 includes an ultraviolet (UV) light source 202 aligned to a scanner assembly 204. The UV source 202 may be a discrete laser, laser diode or LED that emits UV light.

15   **[0029]**       Control electronics 206 drive the scanner assembly 204 through a substantially raster pattern. Additionally, the control electronics 206 activate the UV source 202 responsive to an image signal from an image source 208, such as a computer, radio frequency receiver, forward looking infrared radar (FLIR) sensor, videocassette recorder, or other conventional device.

20   **[0030]**       The scanner assembly 204 is positioned to scan the UV light from the UV source 202 onto a screen 210 formed from a glass or plexiglas plate 212 coated by a photoluminescent structure 214 such as a phosphor layer.

Responsive to the incident UV light, the phosphor layer 214 emits light at a wavelength visible to the human eye. The intensity of the visible light will  
25   correspond to the intensity of the incident UV light, which will in turn, correspond

to the image signal. The viewer thus perceives a visible image corresponding to the image signal. One skilled in the art will recognize that the screen 210 effectively acts as an exit pupil expander that eases capture of the image by the user's eye, because the phosphor layer 214 emits light over a large range of angles, thereby increasing the effective numerical aperture.

**[0031]** In addition to the scanned UV source, the embodiment of **Figure 10** also includes a visible light source 220, such as a red laser diode, and a second scanner assembly 222. The control electronics 206 control the second scanner assembly 222 and the visible light source 220 in response to a second image signal from a second image source 224.

**[0032]** In response to the control electronics, the second scanner assembly 222 scans the visible light onto the screen 210. However, the phosphor is selected so that it does not emit light of a different wavelength in response to the visible light. Instead, the phosphor layer 214 and the plate 212 are structured to diffuse the visible light. The phosphor layer 214 and plate 212 thus operate in much the same way as a commercially available diffuser, allowing the viewer to see the red image corresponding to the second image signal.

**[0033]** In operation, the UV and visible light sources 202, 220 may be activated independently to produce two separate images that may be superimposed. For example, in a motor vehicle, the first image source 208 may present various data or text from a sensor, such as a speedometer, while the second image source 224 may include a forward-looking infrared apparatus configured to aid night vision.

**[0034]** Although the display 201 of **Figure 2** is presented as including two separate scanner assemblies 204, 222, one skilled in the art will recognize that by

aligning both sources to the same scanner assembly, a single scanner assembly may scan both the UV light and the visible light. According to an embodiment a first light source 202 and second light source 220 may be aligned to a beam combiner (not shown) to form a composite beam of light containing the

5 individually modulated wavelength components emitted by the respective light sources. The output of the beam combiner may be aligned to a scanning mechanism 204 operable to scan the composite beam of light onto the screen 210. A visible component of the composite scanned beam, produced by the light source 220, may be scattered or diffused by the structure of the screen 210 while

10 the non-visible component of the composite scanned beam, produced by the light source 202, is photoluminescently converted to a third wavelength by the photoluminescent structure 214. Thus a color rear-projection display may be formed. Alternatively, a color front-projection display may be formed. Alternatively, beams from the light sources 202, 220 may be scanned from the

15 same or different scanning assemblies onto a single (front or rear) side of the screen 210 without first being combined into a composite beam by a beam combiner.

**[0035]** Regarding the display 201, one skilled in the art will also recognize that embodiments are not limited to UV and visible light. For example, the light

20 sources 202, 220 may be two infrared sources if an infrared phosphor or other IR sensitive component is used. Alternatively, the light sources 202, 220 may include an infrared and a visible source or an infrared source and a UV source.

**[0036]** While the image sources 208 and 224 are described as separate inputs, they may be separate channels of a single input. For example, if the light

25 source 202 is operable, through photoluminescent wavelength conversion, to

produce green light and the light source 220 is operable to produce red light, then the image sources 208, 224 may respectively correspond to green and red channels of an RGB output of a video source. Of course, other color channels (such as blue) may similarly be received and produced by other light sources (not shown) using emission and/or photoluminescent wavelength conversion to form a full color display.

**[0037]** According to an embodiment a first portion of an image may comprise photoluminescent emission at a first visible wavelength and a second portion of an image may comprise photoluminescent emission at a second visible wavelength.

**[0038]** **Figure 3** illustrates spectral properties 301 of three photoluminescent systems, according to an embodiment. With reference to **Figure 3**, wavelength is plotted on the horizontal axis, relative light absorption is indicated on the left vertical axis, and relative light emission is indicated on the right vertical axis. A system wavelength indicated at 330 divides the wavelength axis nominally into an absorption region 306 and an emission region 308. While the simplified system of **Figure 3** illustrates separate wavelength ranges for photoluminescent absorption and emission, absorption and emission may be intermixed or reversed from the indicated relationship.

**[0039]** The absorption region 306 may include the absorption spectra for a general number of color channels. In the embodiment displayed in **Figure 3**, absorption spectra 310, 312, and 314 corresponding to three color channels are shown. The corresponding emission spectra for the photoluminescent materials are 316, 318, and 320, respectively.



**[0040]** A first photoluminescent material has an absorption spectrum 310 with a corresponding emission spectrum 316. A second photoluminescent material has an absorption spectrum 312 with a corresponding emission spectrum 318. A third photoluminescent material has an absorption spectrum 314 with an emission spectrum 320. The location of emission and absorption spectra on the wavelength axis is governed by the physics of a particular structure or material. While the relative positions of absorption and emission spectra are shown, for simplicity, as falling in corresponding ascending orders, the order of absorption spectra does not necessarily imply the same order of emission spectra in wavelength. Furthermore, as indicated above, one emission spectrum may be formed by down-conversion of an excitation wavelength while another emission spectrum is formed by up-conversion of an excitation wavelength. An exemplary excitation wavelength,  $\lambda_2$ , is shown falling within the absorption spectrum 312 of a second photoluminescent system, but outside the absorption spectra 310 and 314 of the first and third photoluminescent systems.

**[0041]** In various embodiments, a plural channel or multicolor photoluminescent display may be formed using photoluminescent materials that have different absorption spectra or similar absorption spectra. As will be explained, color channels may be separated across a screen, including by zone-coating, masking, etc, may be mixed within a screen, or may be separated as layers through the screen. In cases where photoluminescent systems of two wavelength channels are spatially separated across a screen, it may not be necessary to select absorption spectra that are at least partially non-overlapping, as shown in systems 301. Alternatively, when absorption spectra are at least partially non-overlapping, as shown in Figure 3, it may not be necessary to

spatially separate the impingement of excitation energy to corresponding color channel regions. It is also possible to mix two channels that are spatially separated across a screen but which substantially do not have at least partially non-overlapping absorption spectra with a third channel that is not spatially separated across the screen but which does have an at least partially non-overlapping absorption spectrum.

**[0042]** Figure 4 illustrates two photoluminescent wavelength conversion systems 401 wherein the excitation wavelengths 310, 312 of the systems may be viewed as substantially overlapping or separate, depending upon the excitation wavelength. A first photoluminescent system may have an absorption curve 310 that, when excited, emits light according to emission curve 316. A second photoluminescent system may have an absorption curve 32 that, when excited, emits light according to the emission curve 318.

**[0043]** Some possible excitation wavelengths, illustrated as  $\lambda_1$ , may correspond to portions of the respective absorption spectra 310, 312 wherein significant light absorption or pumping occurs in both systems. Light at wavelength  $\lambda_1$  impinging on a location including both systems corresponding to the absorption spectra 310 and 312 may be expected to produce both emission spectra 316 and 318, the proportion of which may be determined by the relative abundance of the two photoluminescent systems, the relative absorption efficiency, the relative conversion efficiency, the depth of excitation photon penetration, environmental effects such as temperature that may affect relative conversion efficiency, and/or any interaction effects between the systems. Other possible excitation wavelengths, illustrated as  $\lambda_2$  and  $\lambda_3$ , may fall within portions of the respective absorption spectra 312, 310 that are substantially non-overlapping.

For example, Light at wavelength  $\lambda_2$  impinging on a location including both systems corresponding to the absorption spectra 310 and 312 may be expected to produce substantially the emission spectrum 318, because  $\lambda_2$  falls outside the absorption spectrum 310. Similarly, light at wavelength  $\lambda_3$  impinging on a location including both systems corresponding to the absorption spectra 310 and 312 may be expected to produce substantially the emission spectrum 316, because  $\lambda_3$  falls outside the absorption spectrum 312. Of course, light at either  $\lambda_1$  or  $\lambda_2$  that impinges upon a location having only the system corresponding to the absorption spectrum 312 may be expected to produce substantially only emitted light having the characteristic emission spectrum 318. Similarly, light at either  $\lambda_1$  or  $\lambda_3$  that impinges upon a location having only the system corresponding to the absorption spectrum 310 may be expected to produce substantially only emitted light having the characteristic emission spectrum 316.

**[0044]** Thus, there are two ways of selectively emitting one or the other of the emission spectra 316 and 318. One may select an excitation wavelength (e.g.  $\lambda_3$  or  $\lambda_2$ ) having spectral selectivity for the corresponding photoluminescent systems. Alternatively, one may select a wavelength that may or may not be spectrally selective (e.g.  $\lambda_1$  or  $\lambda_3$  if one wishes to excite the system having the absorption spectrum 310), but which is spatially selected to impinge on a location corresponding to one system (e.g. 310) but not the other system (e.g. 312). Combinations of the two effects may be combined, and may be especially useful for systems having a limited number of excitation wavelengths, a relatively large number of photoluminescent systems, and/or a limited ability to spatially differentiate photoluminescent systems.

**[0045]** The selection of excitation wavelengths may be determined according to the availability, cost, form factor, reliability, modulatability, etc. of various laser sources. Returning briefly to Figure 1, an excitation wavelength corresponding to 118 may be more strongly absorbed, and hence may provide  
5 more efficient conversion to the emission curve 110 than an excitation wavelength corresponding to 119. However, while a laser light source operable to emit excitation energy at a wavelength 118 may be unavailable, costly, etc., a laser light source corresponding to 119 may be a better choice because of factors listed above or other factors, even though it may nominally produce the emission  
10 spectrum 110 less efficiently because of reduced absorption. Additionally, as will be appreciated below, structure may be implemented to effectively improve the absorption efficiency at wavelength 119.

**[0046]** Returning to the discussion of the embodiment 201 illustrated in Figure 2, photoluminescent excitation and/or directly viewable beams may be  
15 combined into a composite scanning beam, for example using a beam combiner. Figure 5 illustrates an embodiment of a display system 501 operable to produce and use a composite scanning beam.

**[0047]** Figure 5 illustrates, according to an embodiment, a scanned beam photoluminescent display system 501 including light sources 502, 504, and 506  
20 whose modulated output beams may be combined into a composite modulated output beam 507 with a beam combiner 508. With reference to Figure 5, a general number of light sources indicated by 502, 504, and 506 are operable to emit light. The emitted light of at least one of the light sources 502, 504, 506 may correspond to an excitation wavelength used by a photoluminescent system in the  
25 display 501. In one embodiment, the light sources 502, 504, and 506 are laser

diodes configured to emit light at different excitation wavelengths. The amplitude of the light emitted at the excitation wavelengths is modulated by control electronics responsive to image information from an image source not shown, as described previously. The light emitted by the light sources 502, 504, and 506 is  
5 combined into a composite beam 507 by beam combining optics 508. The combined beam 507 may be shaped by an optical element 510 and scanned by scanner 512 onto a photoluminescent screen 514.

**[0048]** Excitation wavelengths within the combined scanned beam 516 excite corresponding photoluminescent systems comprising the screen 514,  
10 causing the photoluminescent systems to absorb the light at the excitation wavelengths and then to emit light at corresponding visible photoluminescent emission wavelengths at locations 518 impinged by the beam 516. Conversion of light from a first wavelength to a second wavelength may be accomplished using fluorescent photoluminescent materials, phosphorescent photoluminescent  
15 materials, nanoparticles such as quantum dots, etc.

**[0049]** For some embodiments, a frame rate of about 60 Hz may be used. Thus, photoluminescent system persistence time may be selected to be approximately less than or equal to the frame period (e.g. 1/60 sec.) for a display having all pixels addressed each frame time (e.g. a progressive scan display), or  
20 approximately equal to or less than an interleave period (e.g. 1/30 sec.) for a display using scan line interleaving.

**[0050]** Light sources, 502, 504, and 506 may each emit a spectrum of light characterized and referred to as light emitted at an excitation wavelength. Those of skill in the art will appreciate that the width in wavelength of an output spectrum  
25 of a light source may differ according to the light source. For example a thermal

source may emit a broad spectrum (e.g. that is limited in width using one or more filters such as birefringent filters), a LED source may emit a somewhat narrower spectrum, and a coherent source such as a laser may emit a line spectrum as depicted in figures above. Reference to an excitation wavelength may be

5 conveniently associated with a dominant wavelength of an output spectrum of a light source or a wavelength within the output spectrum of the light source used to stimulate photoluminescent emission. In cases where filters or other apparatuses or operational methods are used to limit the pass band or emission width of a light source, such filters, apparatuses, or methods may be considered to be a part of

10 the light source, whether or not closely physically associated with the light source. For example, plural pass bands may be formed in the composite beam 507 following combining of the individual beams.

**[0051]** The scanner assembly 512 may be operated in a non-resonant or in a mechanically resonant mode. One example of a resonant scanner described

15 U.S. Patent No. 5,557,444 to Melville et al., entitled MINIATURE OPTICAL SCANNER FOR A TWO-AXIS SCANNING SYSTEM, which is incorporated herein by reference. Other scanning assemblies, such as acousto-optic scanners, etc. may alternatively be used. A MEMS scanner, which may be preferred in some applications due to its low weight and small size may be

20 uniaxial or biaxial. An example of a biaxial MEMS scanner is described in U. S. Patent No. 5,629,790 to Neukermans, et al entitled MICROMACHINED TORSIONAL SCANNER, which is incorporated herein by reference.

**[0052]** The display 501 may take many forms, for example the screen 514 may be directly viewed by a viewer, or alternatively imaging optics (not shown)

25 may project the image formed on the screen 514 to the viewer. For example, the

imaging optics may include more than one lenses or diffractive optical elements operable to project an image onto the retina, optionally through relay optics, onto the retina of a viewer, such as to form a retinal display. Retinal displays, in turn, may take many forms, including a head-mounted display (HMD), a heads-up display (HUD), etc. One example of a retinal display is a scanned beam display such as that described in U. S. Patent No. 5,467,104 of Furness et al., entitled VIRTUAL RETINAL DISPLAY, which is incorporated herein by reference. An example of a fiber-coupled retinal scanning display is found in U.S. Patent No. 5,596,339 of Furness e. al., entitled VIRTUAL RETINAL DISPLAY WITH FIBER OPTIC POINT SOURCE which is incorporated herein by reference. Similarly, projection optics may project the image formed on the screen 514 onto another viewing surface such as a projector screen.

**[0053]** Direct view screens may similarly be used in a variety of applications. For example, an automotive instrument cluster or panel may be formed by projecting one or more scanned beams onto a photoluminescent panel 514, which may for example be embedded in the dashboard of a vehicle. Perhaps more familiarly, a photoluminescent panel 514 may comprise a computer monitor, a television monitor, a portable video player monitor, etc.

**[0054]** As indicated above, combinations of excitation wavelengths and photoluminescent systems may be selected to provide individual modulation of color channels including selected photoluminescent wavelength conversion simply by selecting a particular wavelength for excitation. According to some embodiments, the photoluminescent systems may be intermixed on the screen 514. Alternatively, it may be desirable to arrange the photoluminescent systems

in two or more layers on the screen 514. Such an arrangement may aid, for example, in reducing cross-talk between photoluminescent systems.

**[0055]** According to an embodiment, a multilayered photoluminescent screen may be used to display an image to user.

5 **[0056]** **Figure 6** illustrates a cross-sectional view of a three layer photoluminescent screen 601 according to one embodiment. A first photoluminescent layer 602 is disposed proximate to a second photoluminescent layer 604, which is disposed proximate to a third photoluminescent layer 606. In one embodiment, the absorption spectra 310, 312, and 314, (**Figure 3**)  
10 correspond to the photoluminescent layers 602, 604, and 606, respectively. A beam of light 610 at a second excitation wavelength  $\lambda_2$  falling within the absorption curve 312 is incident upon the screen, impinging on the first photoluminescent layer 602. Other beams of light corresponding to excitation of absorption spectra 310 and 314 are not shown so that the operation of the  
15 second excitation wavelength used to excite the second layer may be clearly illustrated.

**[0057]** The beam of light 610 passes through the first photoluminescent layer 302 without absorption since the second excitation wavelength is greater than the maximum absorption wavelength of the absorption spectrum 310 of the  
20 first layer. The beam of light 610 is absorbed by the second layer 604, causing an emission of light at a second photoluminescent emission wavelength as indicated by 612 and 616. Emitted light 612, 616 may comprise substantially omnidirectional emission, a portion of which travels out of the display screen in a general direction as indicated by 630 (although in many cases, direction 630 may  
25 be more properly referred to as substantially a hemispherical direction, wherein



light is emitted hemispherically toward the right, with or without gain in a particular direction). Light emitted in a rear direction, indicated by 616, may be recovered by reflection off of a layer of material 614 disposed between the first photoluminescent layer 602 and a substrate 608. In one embodiment, the substrate 608 is a layer of glass. In one embodiment, the layer of material 614 is a selective reflector configured to pass light at excitation wavelengths and to reflect light at photoluminescent emission wavelengths. Such reflective behavior of the layer of material 614 results in the reflection of backward-emitted light 616 as indicated by the arrow. Reflection of light 616 by the layer of material 614 may results in more light being directed from the display screen in a forward direction, along departure angles that lie in the first (I) and fourth (IV) quadrants. The layer of material 614 may be comprised, for example, of a dielectric coating. In one embodiment, the layer of material 614 is multilayered dielectric film including Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) and/or Silicon Dioxide (SiO<sub>2</sub>). Such coatings may be combined to make filters that have various pass bands in wavelength.

**[0058]** Alternatively, the display screen may be illuminated by a beam of excitation light, at a photoluminescent excitation wavelength, traveling from right to left as indicated by 618. Such a beam of light at a photoluminescent excitation wavelength  $\lambda_2$  passes through the top layer 606 corresponding to the absorption spectrum 314 (Figure 3) because it lies outside the absorption spectrum 314. The beam is absorbed by the second photoluminescent layer 604, which results in an emission of light at a photoluminescent emission wavelength 318 (Figure 3) as indicated by 620 and 622. It may be noted that a general number of layers can be used in a multilayered photoluminescent display screen.

**[0059]** In one embodiment, the layers of photoluminescent material indicated by 602, 604, and 606 may have a thickness of less than a micron or they may have a thickness greater than a micron, depending on a particular material and a desired absorbance for a particular layer. In one embodiment, a layer thickness of 0.5 micron illuminated with a beam of light having a spot diameter of 15 microns results in negligible loss in resolution. One trade-off with thicker photoluminescent layers 602, 604, and 606 may include loss of apparent resolution. The apparent loss in resolution may correspond, for example, by apparent differences in lateral position of rays 612 emitted in a forward direction (I, IV) vs. the reflection of rays 616 emitted in a rearward (II, III) direction.

**[0060]** Various photoluminescent materials can be used in the layers, some examples of materials are, but are not limited to, rare earth ions in glass or crystals, such as Neodimium doped Yttrium Aluminum Garnet Nd:YAG or dyes in solution or polymers. The organic compound Perylene, organic dyes such as Coumarin, Fluorescein, and Rhodamine can be used in various embodiments for the photoluminescent material. In one embodiment, three laser dyes that produce emissions of red, green, and blue light are Rhodamine 101 (excited with a excitation wavelength at 380 nm, emit at a photoluminescent emission wavelength of 640 nm "red"), Coumarin 466 (excited with a excitation wavelength of 405 nm, emit at a photoluminescent emission wavelength of 460 nm "blue"), and Coumarin 522 (excited with a excitation wavelength of 420 nm, emit at a photoluminescent emission wavelength of 525 nm "green").

**[0061]** In various embodiments, nanoparticles such as quantum dots may be used to control the magnitude of the photoluminescent emission wavelength (color) of the light energy emitted by the photoluminescent material and/or replace

dyes or phosphors as photoluminescent materials. Quantum dots of smaller size may emit light at shorter photoluminescent emission wavelengths (nearer the blue end of the visible spectrum) and quantum dots larger size may emit light at longer photoluminescent emission wavelengths (nearer the red end of the visible spectrum). In various embodiments, suitably sized quantum dots are configured into films that emit light at selected photoluminescent emission wavelengths, such as but not limited to red, green, and blue.

**[0062]** An absorbance of a layer may be scaled by varying the product of concentration, molecular weight, and path length, where concentration and molecular weight refer to a photoluminescent material and the path length refers to the thickness of the photoluminescent layer.

**[0063]** Figure 7 is a cross-sectional view of a multilayer photoluminescent screen 701 using filters between layers according to an embodiment. While the photoluminescent screen 701 may, in certain embodiments, be self-supporting, a substrate (not shown) may be used to support the layers shown. The substrate should be at least partially transparent to allow the transmission of visible photoluminescently emitted light (if located on the right side of the cross-section 701), and/or to allow for the transmission of excitation light (if located on the left side of the cross-section 701). The multilayered photoluminescent screen 701 may be selectively illuminated by one or more beams of light 720, 730, and 740 respectively comprising first, second, and third photoluminescent excitation wavelengths  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , and  $\lambda_3$ . The beam 720 comprising the first excitation wavelength  $\lambda_1$  is absorbed by a photoluminescent entity 722 in a first photoluminescent layer 704, resulting in an emission of light at a first photoluminescent emission 724 at wavelength  $\lambda_4$ . Light energy 724 travels

toward a viewer 760. Light energy that is not absorbed during a first pass through the first photoluminescent layer 704 may be reflected back through the first photoluminescent layer 704 by a layer of material 706. The layer of material 706 is, in one embodiment, configured to pass light above a maximum absorption wavelength of the first photoluminescent layer 704 and to reflect light below the maximum absorption wavelength of the first photoluminescent layer 704. Light at the first excitation wavelength that is not absorbed by the first pass through the photoluminescent layer 704 but is reflected from the layer of material 706 is indicated at 726. Light 726 may travel at least part way through the first photoluminescent layer 704 a second time, facilitating further absorption and emission of light at the first photoluminescent emission wavelength  $\lambda_4$ .

**[0064]** In one embodiment, a layer 702 is disposed on the first photoluminescent layer of material 704. The layer of material 702 may be configured, in one embodiment, to pass light below a particular wavelength and to reflect light above the particular wavelength. In one embodiment, the particular wavelength is selected to allow beams 720, 730, and 740 at three excitation wavelengths  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , and  $\lambda_3$  to pass, and to reflect visible light emitted by the photoluminescent layers. Emission of light 722 that travels back toward the layer 702 is reflected thereby resulting in more light 728 at the first photoluminescent emission wavelength being directed toward the viewer 760 of the display.

**[0065]** Similarly, light 730 at the second excitation wavelength  $\lambda_2$  is absorbed by a second photoluminescent layer 708, resulting in an emission of light at a second photoluminescent emission wavelength  $\lambda_5$  indicated at 734. Excitation light energy 730 that is not absorbed by the second photoluminescent layer 708 is reflected back through the second photoluminescent layer 708 as

reflected excitation beam 736 by a layer of material 710. The layer of material 710 is, in one embodiment, configured to pass light above a maximum absorption wavelength of the second photoluminescent layer 708 and to reflect light below the maximum absorption wavelength of the second photoluminescent layer 708.

5 Light at the second excitation wavelength  $\lambda_2$  that is not absorbed by the second photoluminescent layer 708 but is reflected from the layer of material 708 is indicated at 736. Light energy 736 can travel across the second photoluminescent layer 708 a second time facilitating further absorption and emission of light at the second photoluminescent emission wavelength  $\lambda_5$ .

10 Emission of light from photoluminescent entity 732 that travels back toward the layer 702 is reflected thereby resulting in more light 738 at the second photoluminescent emission wavelength  $\lambda_5$  being directed toward the viewer 760 of the display.

[0066] Light 740 at the third excitation wavelength  $\lambda_3$  passes through the  
15 selective reflective layer 702, the first photoluminescent layer 704, the selective reflective layer 706, the second photoluminescent layer 708, and the selective reflective layer 710 substantially unimpeded, and is absorbed by a third photoluminescent layer 712. A photoluminescent entity 742 within the third photoluminescent layer 712 responsively emits light at a third photoluminescent  
20 emission wavelength  $\lambda_6$  indicated at 744. Incident excitation light energy 740 at the third photoluminescent excitation wavelength  $\lambda_3$  that is not absorbed by the third photoluminescent layer 712 on the first pass may be reflected back into the third photoluminescent layer 712 as reflected excitation beam 746 by a layer of material 714. The layer of material 714 is in one embodiment, configured to pass  
25 light above a maximum absorption wavelength of the third photoluminescent layer

714 and to reflect light below the maximum absorption wavelength of the third photoluminescent layer 714. Light at the third excitation wavelength  $\lambda_3$  that is not absorbed by the third photoluminescent layer 712 but is reflected from the layer of material 714 is indicated at 746. Light 746 may travel across the third

5 photoluminescent layer 714 a second time facilitating further absorption and emission of light at the third photoluminescent emission wavelength  $\lambda_6$ . Light emitted by the photoluminescent entity 742 that travels back toward the layer 702 is reflected thereby resulting in more light 748 at the third photoluminescent emission wavelength  $\lambda_6$  being directed toward the viewer 760 of the display.

10. **[0067]** In various embodiments, the layer of material 714 may provide an anti-reflective coating for the display. In embodiments, the layer of material 714 may reflect light below the lowest emission wavelength  $\lambda_4$  and above the highest excitation wavelength  $\lambda_3$  thereby protecting a viewer from light that may be harmful to the viewer's eyes. In embodiments, the layer of material may be  
15 configured to allow relatively narrow bands of emitted light near  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , and  $\lambda_3$  infrared to pass while absorbing other intermediate wavelengths, thus providing reduced glare by broadband ambient light.

**[0068]** The selectively reflective layers of material, 702, 706, 710, and 714 may be made using multilayered dielectric coatings as described above.

20 Multilayered dielectric coatings may provide for flexibly designed filters having pass bands that are tailored for specific applications and embodiments.

**[0069]** According to an embodiment, display may include a plurality of photoluminescent systems configured to selectively emit a corresponding plurality of emission wavelengths, wherein the photoluminescent systems are arranged to

be selectively addressed or energized by spatial differentiation across a display screen or intermediate image plane.

**[0070]**        **Figure 8** illustrates a photoluminescent screen 801 having arrayed photoluminescent emission regions configured to emit corresponding  
5        wavelengths, according to an embodiment. The photoluminescent screen 801 includes a substrate 802 on which may be formed photoluminescent emission regions, for example configured to respectively emit red, green, and blue photoluminescent emissions. A first group of interstitially located lines of photoluminescent systems is indicated at 804. A second group of interstitially  
10        located lines of photoluminescent systems is indicated at 806. The substrate 802 may include a general number of groups of interstitially located lines of photoluminescent systems, an ultimate group being indicated at 808. In one embodiment, each group of lines, 804, 806, and 808 is used to display a line of pixels within a frame of an image. Taken together, the groups of lines 804, 806,  
15        through 808 present an image to a user.

**[0071]**        Responsive to one or more scanned beam(s) of light, the photoluminescent system within line 804a emits visible light having a wavelength corresponding to a color red. The scanned beam(s) of light is modulated during the scan along line 804a to provide variation in the light emitted by the  
20        photoluminescent system 804a as a function of position, thereby providing amplitude variation in the red emission. Similarly the scanned beam(s) of light excites a line of photoluminescent system 804b, selected to provide a green emission, and a line of photoluminescent system 804c selected to provide a blue emission. The other groups of lines, 806 and 808 are made up of individual lines  
25        of photoluminescent system, i.e., 1306a, 1306b, 1306c, 1308a, 1308b, and 1308c

selected to provide light at visible colors as described above. Modulation of the amplitude of the scanned beam(s) of light results in a display of image information on the photoluminescent display screen 801.

**[0072]** In various embodiments, different patterns are used for the phosphor on the photoluminescent display screen 801. In one embodiment, the photoluminescent system lines within the groups (804, 806, 808), for example 804a, 804b, and 804c, are separated by light absorbing material to prevent undesirable artifacts in the image displayed, such as cross-talk between lines. In another embodiment, the photoluminescent system lines within the groups (804, 806, 808), for example 804a, 804b, and 804c, are formed as a series of dots rather than a continuous line of photoluminescent system. Such a patterning of dots may improve resolution of a display when using some phosphorescent materials.

**[0073]** In various embodiments, multiple beams of light can be scanned across the photoluminescent display screen 801. In one embodiment, three light beams are scanned simultaneously. Each light beam is aligned to illuminate a given color photoluminescent system or phosphor displaying red, green, or blue pixel information. In another embodiment, a single light beam scans the display screen 801 illuminating the line 804a, followed by 804b, followed by 804c; writing the image information pertaining to each color of a line of image information sequentially. Other visible colors may be emitted by the photoluminescent display screen 801.

**[0074]** In various embodiments, screen gain may be obtained for a photoluminescent display screen using a lenslet or lenticular array. **Figure 9** is a diagram of a display 901 comprising a photoluminescent panel with a microlens



array configured to focus light onto photoluminescent elements according to an embodiment. Light sources 902, 912, and 922 emit light at excitation wavelengths. In one embodiment, the light sources 902, 912, 922 emit light in the non-visible ultraviolet band (UV) or nearly ultraviolet band. Typical devices used  
5 for light sources 902, 912, and 922 may include laser diodes and/or frequency doubled lasers. In another embodiment, one or more of the light sources 902, 912, 922 emit light in the visible band. In another embodiment, one or more of the light sources 902, 912, 922 emit light in the infrared band. In yet another embodiment, one or more light sources emit light in one band such as the UV  
10 band and/or the IR band and one or more light sources emit light in the visible band.

**[0075]** The light emitted at the excitation wavelengths is scanned by a scanner 904 onto a photoluminescent display screen 905. The photoluminescent display screen 905 may include an array of microlenses 930.. Photoluminescent  
15 materials 906, 916, and 926 may be disposed on the microlens 930 to form a colored picture element (pixel). Light from the light source 902 is directed by the scanner 904 to the microlens 930, where the light is focused onto photoluminescent material 906. Similarly, light from the light source 912 is directed by the scanner 904 to the microlens 930, where the light is focused onto  
20 photoluminescent material 916, and light from the light source 922 is directed by the scanner 904 to the microlens 930, where the light is focused onto photoluminescent material 926.

**[0076]** Light arriving from the light sources 902, 912, and 922 at different convergence angles relative to the microlens 930 facilitates selectively directing  
25 and focusing of the light by the microlens 930 onto the respective

photoluminescent materials 906, 916, and 926. The photoluminescent materials convert light incident thereon to emissions of light that are shifted up or down in wavelength.

**[0077]** Photoluminescent materials 906, 916, 926 may be selected to  
5 provide emissions of light that are separated in wavelength to produce RGB output, for example. Thus, in various embodiments, multicolored light is emitted by the pixel constructed as shown in **Figure 9**. Pixels may be formed by illuminating a single photoluminescent material with a light source at an excitation wavelength in conjunction with a microlens, resulting in a gray scale display  
10 utilizing an emission of light at a single color such as but not limited to green, orange, red, etc. Multicolored pixels may be formed with a plurality of photoluminescent elements, such as the three color pixel described in conjunction with **Figure 9**.

**[0078]** In one embodiment, the photoluminescent materials 906, 916, and  
15 926 are surrounded by a light absorbing material 936a, 936b, 936c, and 936d. The light absorbing material absorbs incident light and may reduce cross-talk between photoluminescent elements. According to some systems, cross-talk may be reduced by preventing an emission from one photoluminescent material from exciting a neighboring photoluminescent material. Additionally, the light  
20 absorbing material can prevent an incident excitation wavelength light beam from exciting the wrong photoluminescent element due to misalignments of the light beam and the photoluminescent materials. For example, some part of the system, such as the light source 922, the scanner 904, etc. may be misaligned, mis-synchronized, vibrated, etc. in a manner that could result in the scanned  
25 beam falling partially on the intended photoluminescent material 926 and the light

absorbing material 936c instead of falling on a neighboring photoluminescent material due to the misalignment.

**[0079]** In one embodiment, a layer of material, indicated at 932 is disposed between the microlens 930 and the layer 933 that contains the photoluminescent materials. The layer of material 932 is configured to pass light from the light sources 902, 912, and 922 (at one or more excitation wavelengths) and to reflect light emitted from the photoluminescent materials at photoluminescent emission wavelengths. The layer of material 932, so configured, permits light at the photoluminescent emission wavelengths otherwise emitted in a direction away from a viewer 940 to be reflected and directed to the viewer in a manner similar to that described in conjunction with Figures 6 and 7.

**[0080]** In various embodiments, a layer of material 934 is configured as a filter and/or as a protective coating for the photoluminescent display screen. In one embodiment, the layer of material is configured to pass light at visible wavelengths and to reflect light at excitation wavelengths. Such a configuration protects a viewer from light at the excitation wavelength(s). In one embodiment, the layer of material 934 is configured to pass light above a particular wavelength and to reflect light below the particular wavelength. In one embodiment, the particular wavelength is the minimum visible wavelength of interest that is part of the emissions from the photoluminescent materials. Those of skill in the art will realize that the layer 934 can be configured in a variety of ways consistent with the desired operation of the display screen. In some embodiments, an emission (photoluminescent emission wavelength) from the photoluminescent materials is at infrared wavelengths; in such configurations it may be desirable to configure the layer of material 934 to pass infrared and to reflect wavelengths below

infrared. Thus, a particular wavelength is adjustable within the parameters of a particular system design. In other embodiments, the layer of material is configured to act as a band pass filter. In various embodiments, the layers of material 932 and 934 are made using dielectric coatings as described above in a previous section.

**[0081]** The view presented in **Figure 20** is a cross-sectional view of one pixel of a display screen that may include a plurality of pixels. In various embodiments, as is known to those of skill in the art, the microlens 930 may extend in one or two dimensions, creating a microlens array. The scanner 904 scans light from the light sources 902, 912, and 922 over the microlens array to display an image to the viewer 940.

**[0082]** In one embodiment, the microlens array is used during the fabrication of the photoluminescent display. The selective placement of light by the microlens is used to expose photoresist during the photolithographic steps of fabrication. In one embodiment, light sources and the microlens are used to expose a positive photoresist in the locations where the photoluminescent material will be deposited. After exposure, the positive photoresist is removed during developing and the photoluminescent material is deposited. Either positive or negative photoresist can be used and light sources can be positioned accordingly to focus light through the microlens to expose the desired regions of photoresist. As is known to those of skill in the art, successive photolithographic steps of exposure to light, etching, deposition of material, planarization, etc. are used to make a display screen.

**[0083]** For example, in one embodiment, a layer of positive photoresist covers the microlens 930. Light from the light source 922 is used to expose the

positive photoresist over the region of 926. Chemical etching removes positive photoresist from over the region of 926 and etches down to form a void. In a following step the photoluminescent material is deposited into the void to form photoluminescent material 926.

5     **[0084]**         In another example, a negative photoresist may be applied. Light from the light sources 902, 912, 922 illuminates the photoresist, fixing the regions where photoluminescent material has been deposited previously. Subsequent developing may remove the photoresist from the regions where the light absorbing material 936a, 936b, 936c, 936d will be applied. In a subsequent step  
10   the light absorbing material 936a, 936b, 936c, 936d is deposited. Many variations of using the microlens array during the manufacturing step of the display are possible and are contemplated to be within the scope of the teachings presented herein.

**[0085]**         **Figure 10** shows a cross section of a photoluminescent display  
15   screen 1001 comprising a reflective "cuplet" structure to provide directional gain according to an embodiment. Light 1002 at an excitation wavelength from a light source impinges on a microlens 1004 and is directed by the microlens 1004 to an element of photoluminescent material 1006. Light at the excitation wavelength is absorbed by the photoluminescent material and an emission of light at a higher  
20   wavelength occurs (photoluminescent emission wavelength). As described earlier, emission of light by a photoluminescent material is omnidirectional and, as such, light travels in directions that might not be beneficial to a viewer of a display screen. In one embodiment, a cross-sectional view of a reflective structure in the shape of a cup or cone is indicated at 1012. The reflective structure 1012 collects  
25   light emitted by the photoluminescent material 1006 and directs the light into a

field of view of a viewer 1040. Light rays 1010 emanate from the reflective structure and travel in a direction of the viewer 1040. Light rays 1008 have reflected off of the interior surface of the reflective structure and are directed to the viewer 1040. An intensity of the light delivered to the viewer 1040 is

5 increased by the reflective structure. In one embodiment, the reflective structure is a reflective cone. In one embodiment, the photoluminescent material 1006 is located inside of the reflective cone. Alternative reflective structure shapes such as boxes, cylinders, etc. may be used in alternative embodiments.

**[0086]** While the description above pertaining to **Figure 10** is, for  
10 simplicity's sake, directed to a single color element of a pixel, adjacent reflective structures 1014 and 1016 provide the similar functionality to the adjacent elements of photoluminescent material. Pixels may be single colored, as in a monochrome display, or plural cuplets 1012, 1014, 1016 may contain a corresponding plurality of photoluminescent systems, with exposure of the  
15 plurality of neighboring being combined as described above to produce colored pixels.

**[0087]** **Figure 11** is a cross-sectional diagram of a photoluminescent display screen 1101 comprising a refractive array according to an embodiment. A refractive array 1103 has a plurality of refractive elements, such as an element  
20 1104 positioned to refract light at different wavelengths to individual photoluminescent elements. Individual beams of light, such as 1102, 1112, and 1122, at three different wavelengths may be combined with a beam combiner and the composite beam scanned, or alternatively the beams 1102, 1112, and 1122 scanned individually onto an element 1104 of the refractive array 1103. The  
25 refractive element 1104 directs light 1106 (at a first wavelength  $\lambda_1$ ) to a first

element of photoluminescent material 1108. Light 1106 is directed at a first angle by the refractive element 1104. Similarly, the refractive element 1104 directs light 1116 (at a second wavelength  $\lambda_2$ ) to a second element of photoluminescent material 1118. Light 1126 is directed at a second angle by the refractive element 1104. Similarly, the refractive element 1104 directs light 1126 (at a third wavelength  $\lambda_3$ ) to a third element of photoluminescent material 1128. Light 1116 is directed at a third angle by the refractive element 1104. The three photoluminescent elements 1108, 1118, 1128 and the refractive element 1104 may form a pixel with which an element of picture information, represented by emissions 1108a, 1118a, and 1128a are viewed by a viewer 1140.

**[0088]** A display screen may be formed by replicating the picture element shown in **Figure 11** to form an array of picture elements (pixels). Such an array may be a one dimensional or two dimensional array of pixels operable to produce pixels for viewing by a viewer 1140.

**[0089]** A plurality of beams of light configured to excite respective photoluminescent systems may be formed having particular approach angles to a photoluminescent screen. **Figure 12** is a cross-sectional diagram of a photoluminescent screen 1201 comprising a shadow mask 1202, according to an embodiment. **Figure 13** shows plan views of the arrays of photoluminescent systems of **Figure 12**, and their placement and addressability angles, according to embodiments. **Figure 14** is a diagram showing a display apparatus 1401 operable to launch excitation beams of light toward the photoluminescent display screen 1201 of **Figures 12-13** at particular angles, according to an embodiment.

**[0090]** According to embodiments illustrated by **Figures 12-14**, one may determine the operability of a particular beam (and the inoperability of other

beams) to excite a subset of an array of photoluminescent systems. Such an array may alternatively be viewed as a superset of interposed or interstitial arrays of photoluminescent systems. According to some embodiments, each interposed array (or array subset) may comprise repeated instances of a particular

5 photoluminescent system configured to photoluminescently emit a particular wavelength of light. According to embodiments illustrated by **Figures 12-14**, a first beam propagation path may be selected to excite a first interposed array, with other beam propagation paths being masked and therefore unable to excite the first interposed array. A second beam propagation path may similarly be

10 selected to excite a second interposed array, and a third beam propagation path selected to excite a third interposed array, wherein each of the beam propagation paths is operable to address or excite its paired interposed array of photoluminescent systems, but inoperable to address or excite non-paired interposed arrays of photoluminescent systems. According to an embodiment, a

15 shadow mask aligned between portions of the beam propagation paths and the interposed arrays of photoluminescent systems may be configured to provide incident angle selectivity.

**[0091]** Referring to **Figure 14**, the direction of the beam of light 1402 impinging on a photoluminescent display screen 1201 may be defined by two

20 angles. A first angle ( $\Phi$ ) 1404 defines the rotation angle of the beam of light 1402 relative to display screen 1201. The first angle 1404 may be thought of as an azimuth coordinate. A second angle ( $\gamma$ ) 1406 defines the angle between the plane of the photoluminescent display screen 1201 and the beam of light 1402. The second angle 1406 may be thought of as an elevation coordinate.



[0092] Referring to Figure 12, a first beam of light 1204A beam of light is scanned across a display surface to impinge upon regions of photoluminescent material such as a phosphorescent material or a fluorescent material. A shadow mask is disposed between the light source and the display surface so that only a portion of the spot area of the light beam can pass through the openings in the shadow mask and reach the display surface. A shadow mask can be made from a solid piece of material or from two pieces of material spaced apart with openings in each piece that are aligned at the angles necessary to allow the light beam to reach the proper photoluminescent material positioned beneath the shadow mask.

[0093] With reference to Figure 12, a shadow mask 1202 is positioned above a display substrate 1203. A beam of light 1204 is directed at an angle  $\gamma_R$  1206 relative to the planes of the shadow mask 1202 and substrate 1203. The light beam 1204 passes through a first open region 1204a defined by the shadow mask 1202. The shadow mask 1202 may be comprise of an opaque material to provide openings 1204a, 1204b, 1214a, and 1214b through which light may pass and opaque regions where light cannot pass. A first spot of photoluminescent material 1210 is aligned with opening 1204a such that when the beam of light 1204 is incident at the elevation angle  $\gamma_R$  1206 and at an azimuth angle  $\Phi_R$  1302 (visible in Figures 13 and 14) the first spot of photoluminescent material 1210 is illuminated by the beam 1204. The opaque material of the shadow mask 1202 defines a second open region 1204b through which the light beam 2304 may pass to illuminate a second photoluminescent spot 1228. In one embodiment, the first photoluminescent spot 1210 and the second photoluminescent spot 1228 emit the same color light when excited with light at an excitation wavelength. In

one embodiment, the first photoluminescent spot 1210 is a color element of a first pixel and the second photoluminescent spot 1228 is a color element of a second pixel. According to an embodiment, photoluminescent spots 1210 and 1228 are configured to emit red light when excited by the excitation beam 1204. The

5 azimuth and elevation angles 1302 and 1206 may thus be referred to as the red excitation beam coordinates and the angle of the apertures 1204a, 1204b are formed having corresponding angles. As may be appreciated, in some embodiments the apparent azimuth and elevation angles 1302, 1206 may vary across the photoluminescent display screen 1201 as the apparent angle to the

10 beam source changes. According to some embodiments, the penetration angles of the apertures 1204a, 1204b may be varied across the plane of the shadow mask 1202 to correspond to the change in azimuth and elevation angles 1302, 1206 of the excitation beam. According to some embodiments, the apertures 1204a, 1204b may be formed somewhat oversize to accommodate changes in

15 the beam angles and may thus be formed at constant angles across the plane of the shadow mask 1202. According to some embodiments, the apertures 1204a, 1204b may be formed in groups with each group having an azimuth and elevation angle 1302, 1206 selected to provide sufficient beam 1204 penetration across the group, for example by picking angles optimum for the central one of the group of

20 apertures 1204a, 1204b. Trade-offs in screen excitation/emission uniformity, screen size, the ratio of diameters of the beam 1204 to the apertures 1204a, 1204b, the optical path length of the beam 1204 from an angle-defining optical element, etc. may be used to select the size and number of groups.

**[0094]** Another beam of light, 1214 is oriented to strike the shadow mask at

25 an elevation angle  $\gamma_G$  1207 and at an azimuth angle  $\Phi_G$  1304 (visible in Figures

13 and 14) a third spot of photoluminescent material 1218 is illuminated thereby. A fourth open region 1214b is defined by the shadow mask 1202 and is also positioned to allow the beam of light 1214 to pass through and to illuminate a fourth photoluminescent material 1238. Photoluminescent spots 1218 and 1238  
5 may emit a common color of light, different than photoluminescent spots 1210 and 1228. In one embodiment, photoluminescent spots 1218 and 1238 are configured to emit green light when impinged by an excitation beam 1214. The elevation and azimuth angles 1207, 1304 may be referred to as the green excitation coordinates. As with the red excitation coordinates discussed above,  
10 the angles may vary with position and may be accommodated in various ways.

**[0095]** Blue excitation beams and photoluminescent emission spots (not shown in Figure 12) may have similar structure and operational considerations.

**[0096]** With reference to Figure 13, an arrangement of photoluminescent elements is shown in the plane of a photoluminescent display screen 1201,  
15 according to an embodiment. In one embodiment, a pixel 1312 comprises three different colored photoluminescent materials. A first photoluminescent material spot 1210 is illustrated. An opening in a shadow mask is indicated at 1204a. The opening 1204a has an angle  $\Phi_R$ , indicated at 1302.

**[0097]** A second photoluminescent spot 1218 is illustrated on the  
20 photoluminescent display screen 1201. An opening in a shadow mask is indicated at 1214a, the opening 1214a making an azimuth angle  $\Phi_G$  1214a.

**[0098]** A third photoluminescent material 1306 is illustrated on the substrate surface 1203. An opening in a shadow mask is indicated at 1316, the opening 1316 making an azimuth angle  $\Phi_B$  1314. Together, the  
25 photoluminescent materials 1210, 1218, and 1306 are illuminated by separate

beams of light incident upon the shadow mask at angles selected to permit the beams of light to pass through the openings. While the incident beams shown in Figures 12-14 are shown having both individual azimuth angles and individual elevations, a similar effect may be achieved may keeping one of the azimuth and elevation angles constant and varying the other of the azimuth and elevation angles.

**[0099]** Figure 14 is a diagram of a photoluminescent display 1401 including excitation light beam sources and scanning system 1408 and a photoluminescent display screen 1201, according to an embodiment. A first light source 502, 902 emits light 1412a at an excitation wavelength and is scanned by a scanning assembly 512 to create a scanned beam 1412b. The scanned beam 1412b is reflected from a turning mirror 1414 to create a scanned incident light beam 1204 that selectively illuminates the photoluminescent screen 1201 and the shadow mask at selected azimuth and elevation angles 1302 and 1206, respectively. As described above, directional apertures in the shadow mask are positioned to permit the scanned beam 1204 to illuminate corresponding photoluminescent spots disposed beneath the apertures. The light source 502, 902 may be at a wavelength selected to excite corresponding photoluminescent spots configured to emit red light. As shorthand, one may refer to the light source 502, 902 as the red excitation light source, or even simply the red light source, however the actual wavelength of the beam, according to the illustrated embodiment, is not red but rather is a shorter or longer wavelength that is converted to red emissions by the corresponding photoluminescent materials.

**[00100]** A second light source 504, 912 emits a beam of light 1422a at an excitation wavelength. The beam 1422 impinges on a scanning assembly 512

and is scanned thereby to create a scanned beam 1422b. The scanned beam 1422b is reflected by a turning mirror 1424 to form a scanned incident excitation beam 1214 that illuminates the photoluminescent display screen 1201 and the shadow mask at azimuth and elevation angles 1304, 1207 corresponding to the  
5 excitation of green emitting photoluminescent spots. Additional light sources and turning mirrors may be added as needed to provide a color display according to various embodiments of the invention.

**[00101]** Referring back to Figure 12, a partially reflective material 702 may be included in the system to reflect photoluminescently emitted light toward a  
10 viewing area. Such a material may operate and be constructed similarly to the description corresponding to Figures 6 (where the material is referenced as 614) and 7. Various positions are possible. A location between the shadow mask and the array of photoluminescent spots as shown may provide for relatively high gain, manufacturability, etc. While the structure of the photoluminescent panel  
15 1201 in Figure 12 is illustrated as comprising separate structures, the substrate 1203 (with photoluminescent spots residing thereon), optional selective reflector 702, and shadow mask 1202 may be constructed substantially monolithically, in other words, as an integrated panel assembly.

**[00102]** In one embodiment, multiple scanners may be used to provide  
20 diversity of arrival angles for the beams of light incident upon a shadow mask. In another embodiment, multiple scanners may be used with turning mirrors to direct the beams of light to the shadow mask. While the turning mirrors 1414 and 1424 are shown as being relatively small relative to the extent of the photoluminescent display screen 1201, they may and generally should be increased in size  
25 sufficiently to allow the beams to have sufficient scanning distance to illuminate

the entire photoluminescent panel. According to some embodiments, segmented turning mirrors may be used to create a particular incidence angle across a certain scan angle and another particular incidence angle across another scan angle. Such an approach may be used to allow a single light source to provide  
5 excitation energy for a plurality of color channels (providing the wavelength is or may be tuned to remain consistent with the absorption profiles of the various photoluminescent systems).

**[00103]** In various embodiments, the wavelength conversion techniques described herein provide improved display resolution. For example, if green light  
10 at approximately 550 nanometers is generated by scanning violet light at approximately 410 nanometers, the ratio of the wavelengths is 1.34. A flat scan mirror which would have yielded a pixel count of 800 pixels per line now has a pixel count of 1073 pixels. The "mega pixel" rating of the display is proportional to the square of the linear improvement. Therefore, by using violet to address the  
15 display screen, the resolution or "mega pixel" rating may be improved by a factor of 1.8.

**[00104]** Although the invention has been described herein by way of exemplary embodiments, variations in the structures and methods described herein may be made without departing from the spirit and scope of the invention.  
20 For example, the positioning of the various components may be varied. For example, the excitation light sources may be positioned to provide a front-projection or a rear-projection photoluminescent display. Moreover, embodiments may use raster scan patterns as is common to video displays, bidirection raster scan patterns, "stroke" or "calligraphic" vector scan patterns, or other scan patterns  
25 according to the application. Further, although the input signal is described as

coming from an electronic controller or predetermined image input, one skilled in the art will recognize that a portable video camera (alone or combined with the electronic controller) may provide the image signal. This configuration would be particularly useful in simulation environments involving a large number of participants, since each participant's video camera could provide an image input locally, thereby reducing the complexity of the control system.

**[00105]** While embodiments have been described relatively generically, various specific applications are contemplated. For example, a photoluminescent display panel may form a viewable portion of a display similar to LCD, CRT, and other panel and tube display technologies. Additionally or alternatively, systems described herein may be used in the construction and operation of projection display systems wherein the photoluminescent screen or panel itself is not viewed directly, but rather light emitted by the photoluminescent panel is projected to provide a viewable display in another form. For example, a photoluminescent panel may fill the roll of an exit pupil expander in a projection display system operable as a near-eye or head-mounted display (HMD). The photoluminescent panel may similarly provide an image source for rays of light that are projected to an "eye box" or viewing region, such as in a heads-up-display (HUD).

**[00106]** While the description herein has tended to focus specifically on photoluminescent wavelength conversion, embodiments are contemplated that combine visible light beams of light with photoluminescently converted beams of light. Some discussion of mixed systems is presented above in conjunction with discussion related to Figure 2. But it is also within the scope to replace one or more excitation light beams with viewable beams in other embodiments. For example, referring to Figure 6, the light beams 610 and/or 618 may be

accompanied by other light beams at visible wavelengths that impinge upon and are diffused by the screen 601. According to some embodiments, the diffused light intensity pattern (e.g. hemispherical or Lambertian light scattering) may be matched to photoluminescent emission intensity pattern to provide a desired color balance across viewing angles. Similarly, one or more of the beams 1204, 1214 may be provided at a desired viewing wavelength and the corresponding “photoluminescent” spot 1210, 1218 replaced with a diffusing spot, diffractive spot, ordered array refracting spot, etc. configured to broaden the transmission angle of the incident light beam transmitted through the substrate 1203, rather than wavelength convert the incident light beam.

**[00107]** For purposes of discussing and ease of understanding embodiments have been described in specific terms. Those of skill in the art will recognize that the invention is not limited to the embodiments described, but can be practiced with modification and alteration within the spirit and scope of the appended claims.



**CLAIMS**What is claimed is:

1. A method for displaying an image comprising:
  - generating a first modulated and scanned excitation beam;
  - 5 generating a second modulated and scanned excitation beam;
  - impinging the first and second modulated and scanned excitation beams onto a photoluminescent screen; and
  - responsively converting the wavelengths of the first and second excitation beams into different corresponding third and fourth visible wavelength
  - 10 photoluminescent emissions in a manner configured to substantially prevent cross-talk;
  - wherein preventing cross-talk comprises preventing the first modulated and scanned excitation beam from stimulating photoluminescent emissions at the fourth visible wavelength and preventing the second modulated and scanned
  - 15 excitation beam from stimulating photoluminescent emissions at the third visible wavelength.
2. The method of claim 1 wherein substantially preventing cross-talk comprises generating the first excitation beam at a first wavelength corresponding to the absorption spectrum of a first photoluminescent system configured to
- 20 responsively emit light at the third visible wavelength, and generating the second excitation beam at a second wavelength corresponding to the absorption spectrum of a second photoluminescent system configured to responsively emit light at the fourth visible wavelength;
- and wherein the first wavelength does not correspond to the absorption
- 25 spectrum of the second photoluminescent system and the second wavelength

does not correspond to the absorption spectrum of the first photoluminescent system.

3. The method of claim 2 wherein the stimulation of the first and second photoluminescent systems occurs in separate layers of the photoluminescent  
5 screen.

4. The method of claim 2 wherein the stimulation of the first and second photoluminescent systems occurs in separate respective first and second layers of the photoluminescent screen and wherein a selectively reflective layer substantially prevents excitation light at the first wavelength from penetrating to  
10 the second layer.

5. The method of claim 2 wherein the stimulation of the first and second photoluminescent systems occurs in separate respective first and second layers of the photoluminescent screen and wherein a selectively reflective layer substantially reflects excitation light at the first wavelength back through the first  
15 layer.

6. The method of claim 1 wherein substantially preventing cross-talk further comprises:

impinging the first modulated and scanned excitation beam onto the photoluminescent screen at a first angle; and  
20 impinging the second modulated and scanned excitation beam onto the photoluminescent screen at a second angle.

7. The method of claim 6 wherein the photoluminescent screen comprises a shadow mask configured to pass the beam of impinging light at the first angle to illuminate a first photoluminescent system configured to responsively emit light at

the third visible wavelength and to block the beam of impinging light at the second angle from illuminating the first photoluminescent system.

8. The method of claim 1 further comprising reflecting a portion of the third and fourth visible wavelength photoluminescent emission toward a viewing region.

5 9. The method of claim 1 further comprising preventing excitation light from reaching a viewer.

10. An electronic display comprising;

a plurality of light sources operable to selectively emit a corresponding plurality of beams of excitation light;

10 a beam-scanning apparatus aligned to receive the plurality of beams of excitation light and scan the plurality of beams of excitation light;

a layered photoluminescent display screen having layers of photoluminescent material, aligned to receive the scanned plurality of beams of excitation light and configured to allow only one of the plurality of beams of excitation light to reach a corresponding layer of photoluminescent material.

15

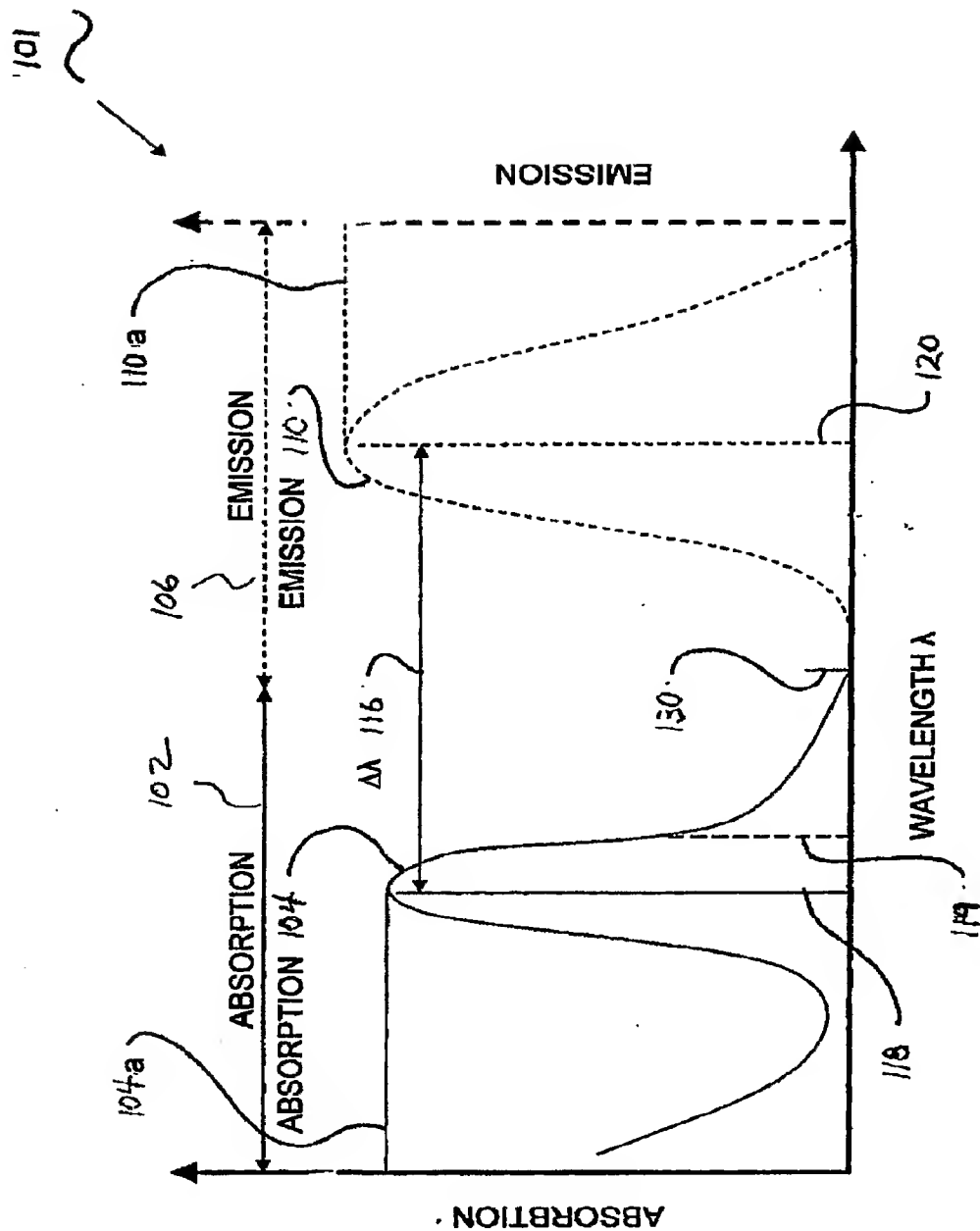
11. The electronic display of claim 10 wherein the plurality of beams of excitation light are at different wavelengths and wherein the layered photoluminescent display screen includes wavelength-selective reflective layers configured to pass or reflect excitation light depending upon wavelength.

20 12. The electronic display of claim 10 wherein the plurality of beams of excitation light are at different wavelengths and wherein the layered photoluminescent display screen includes wavelength-selective reflective layers arranged between the layers of photoluminescent material, the wavelength-selective reflective layers being configured to pass or reflect excitation light  
25 depending upon wavelength.

13. The electronic display of claim 10 wherein the layered photoluminescent display screen comprises a wavelength-selective reflective layer configured to pass light at the wavelengths of the excitation light and reflect light at the wavelengths of light emitted by the layers of photoluminescent material.
- 5 14. The electronic display of claim 10 wherein the layered photoluminescent display screen comprises a wavelength-selective reflective layer configured to reflect light at the wavelengths of the excitation light and pass light at the wavelengths of light emitted by the layers of the photoluminescent material.
15. A photoluminescent video display comprising:
- 10 an excitation beam scanning system operable to scan at least one excitation beam onto a field of view at a plurality of selected angles;
- a photoluminescent display screen aligned with the field of view and configured to pass excitation light at a first angle to reach a first plurality of photoluminescent spots and pass excitation light at a second angle to reach a
- 15 second plurality of photoluminescent spots.
16. The photoluminescent video display of claim 15 wherein the excitation beam scanning system comprises a plurality of excitation light sources.
17. The photoluminescent video display of claim 15 wherein the excitation beam scanning system comprises a plurality of turning mirrors configured to
- 20 impart the plurality of selected angles upon the scanned excitation beam.
18. The photoluminescent video display of claim 15 wherein the photoluminescent display screen comprises a shadow mask having a plurality of apertures configured to selectively pass the excitation light depending on the angle of the received excitation light beam.

19. The photoluminescent video display of claim 15 wherein the photoluminescent display screen comprises a layer of reflective material configured to pass light corresponding to a wavelength of the excitation beam and to reflect light corresponding to a photoluminescently emitted wavelength.
- 5 20. The photoluminescent video display of claim 15 wherein the photoluminescent display screen comprises a layer of reflective material configured to reflect light corresponding to a wavelength of the excitation beam and to pass light corresponding to a photoluminescently emitted wavelength.

FIG. 1



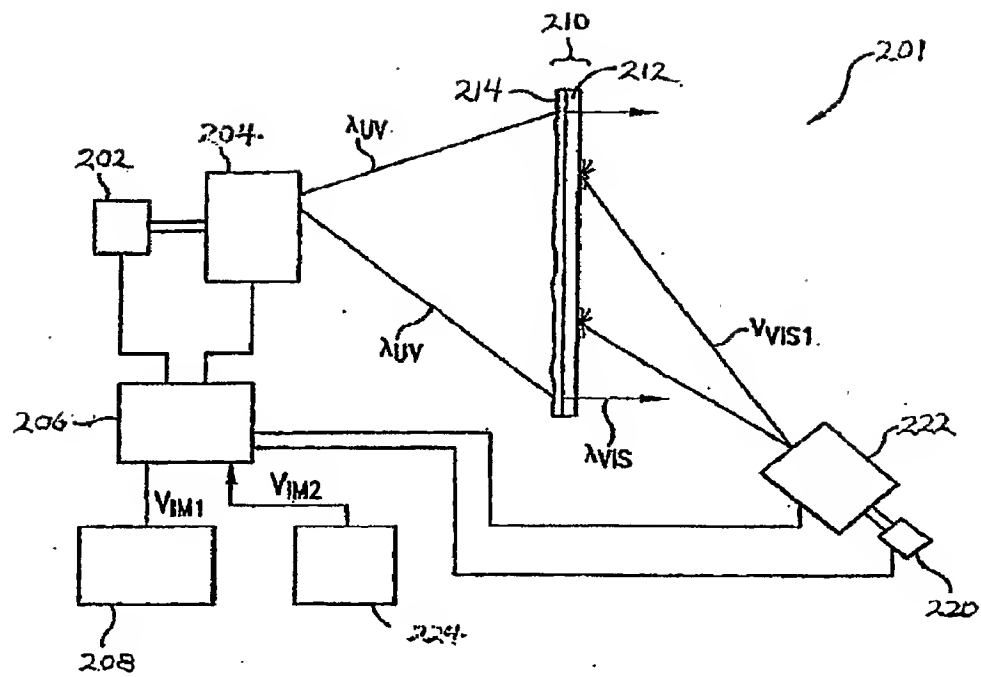
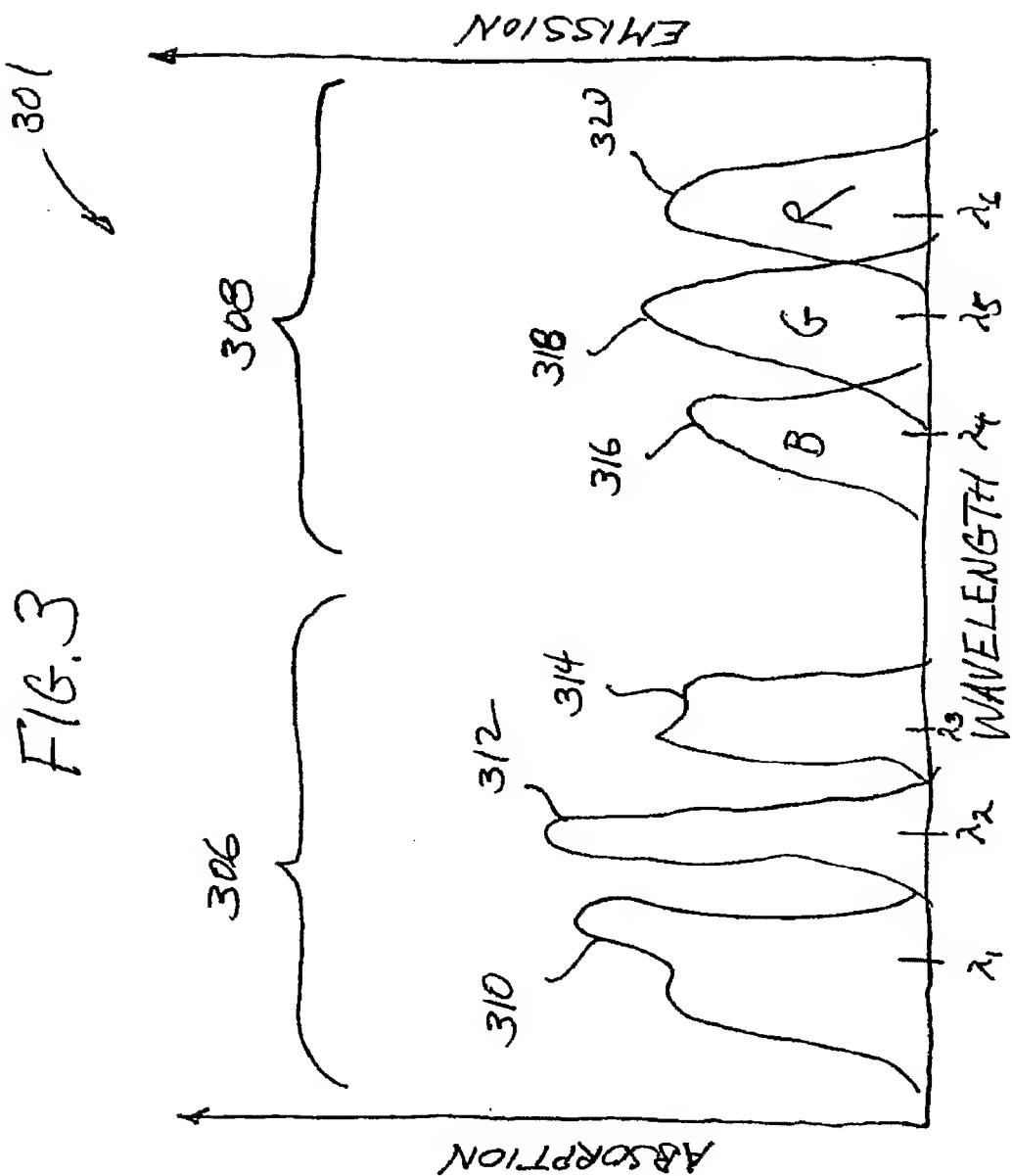


FIG. 2





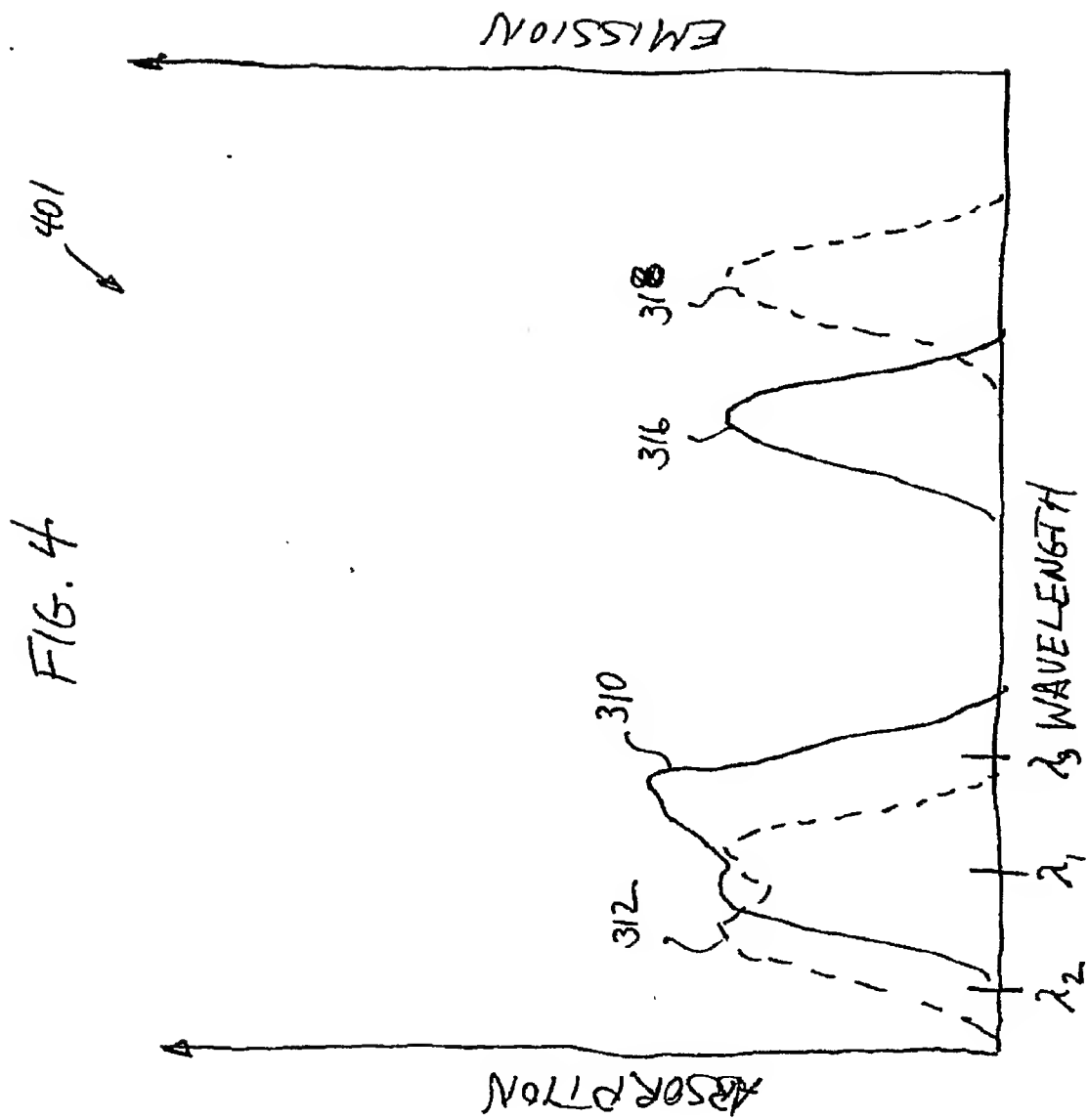


FIG. 5

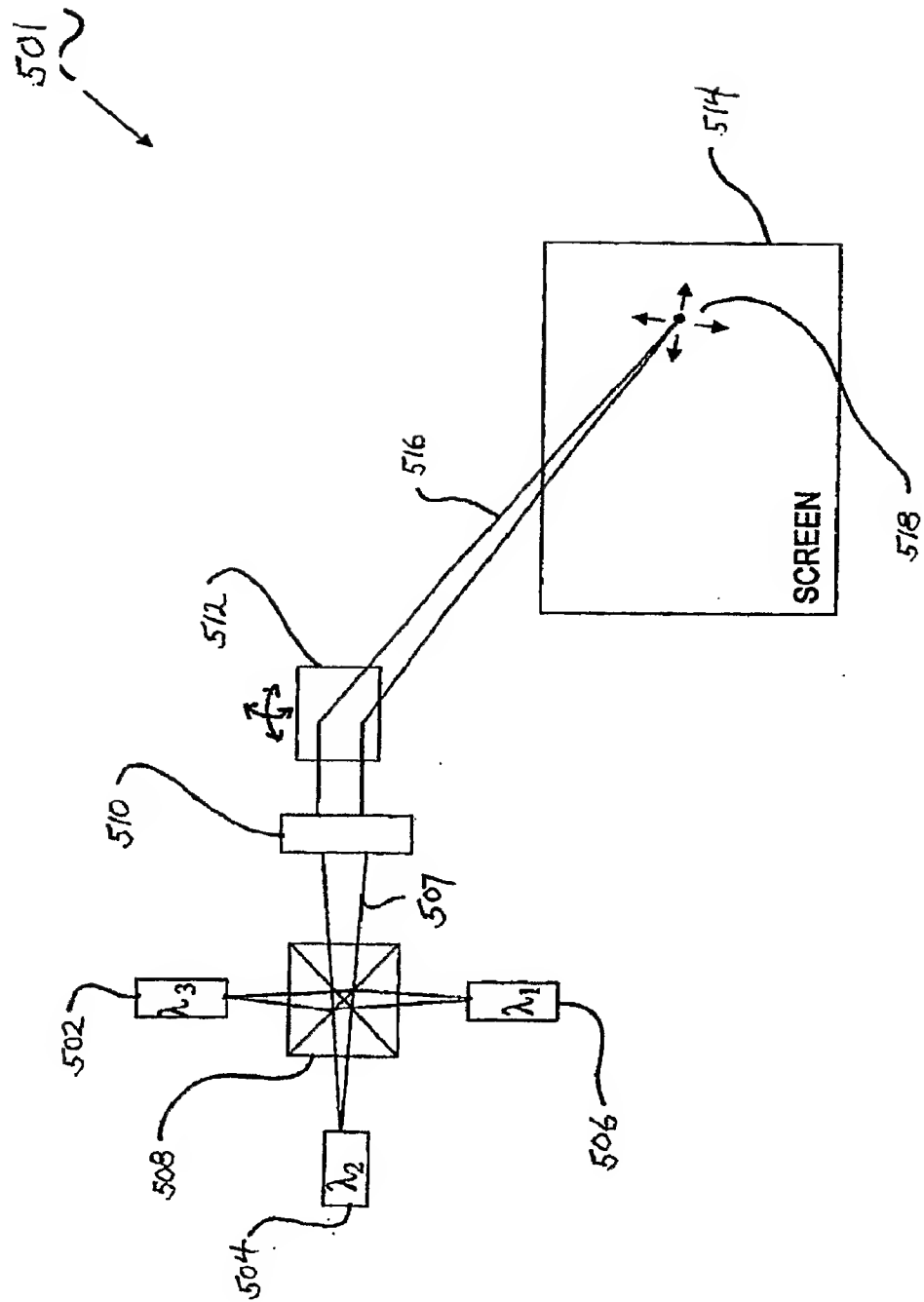


FIG. 6

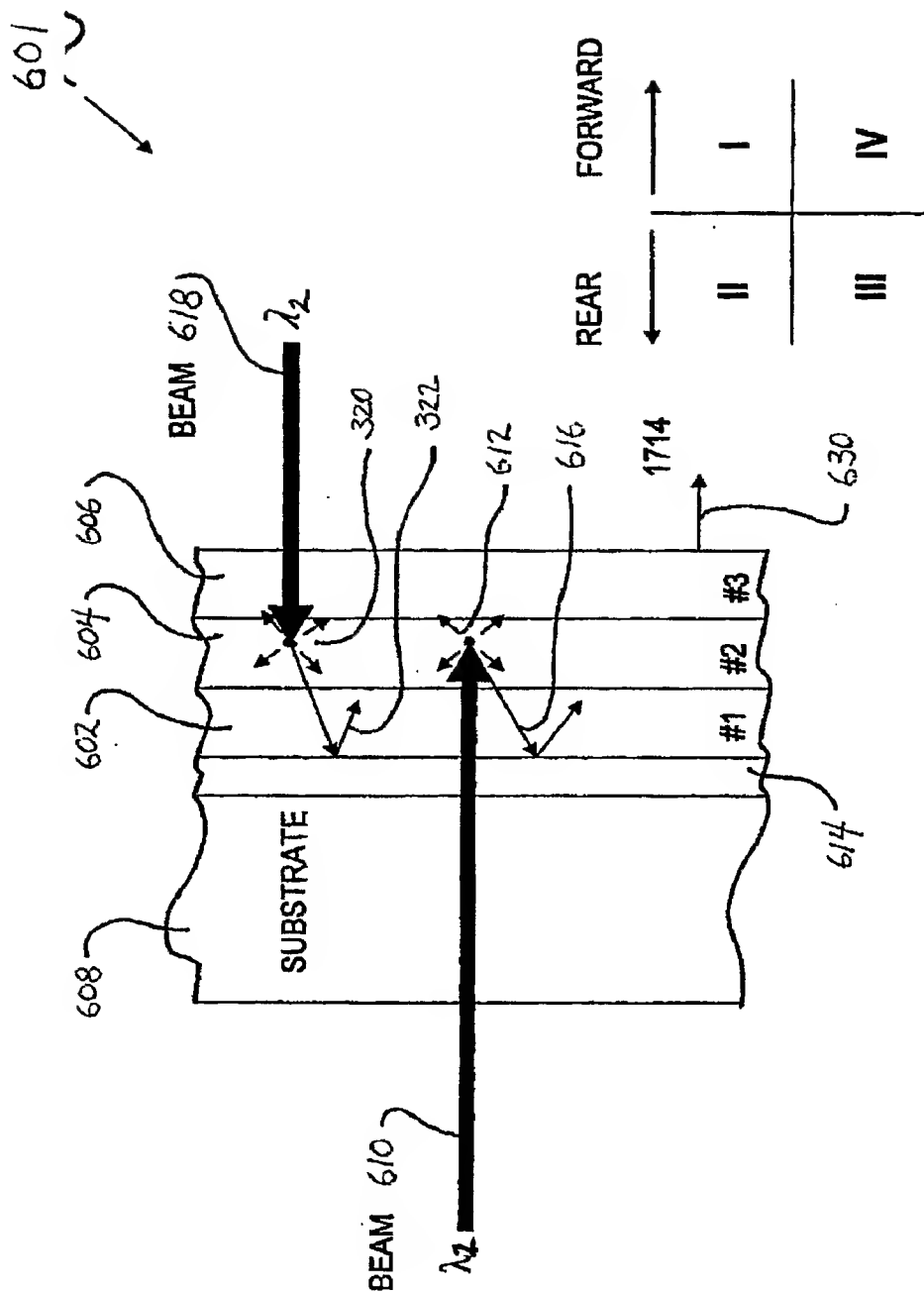


FIG. 7

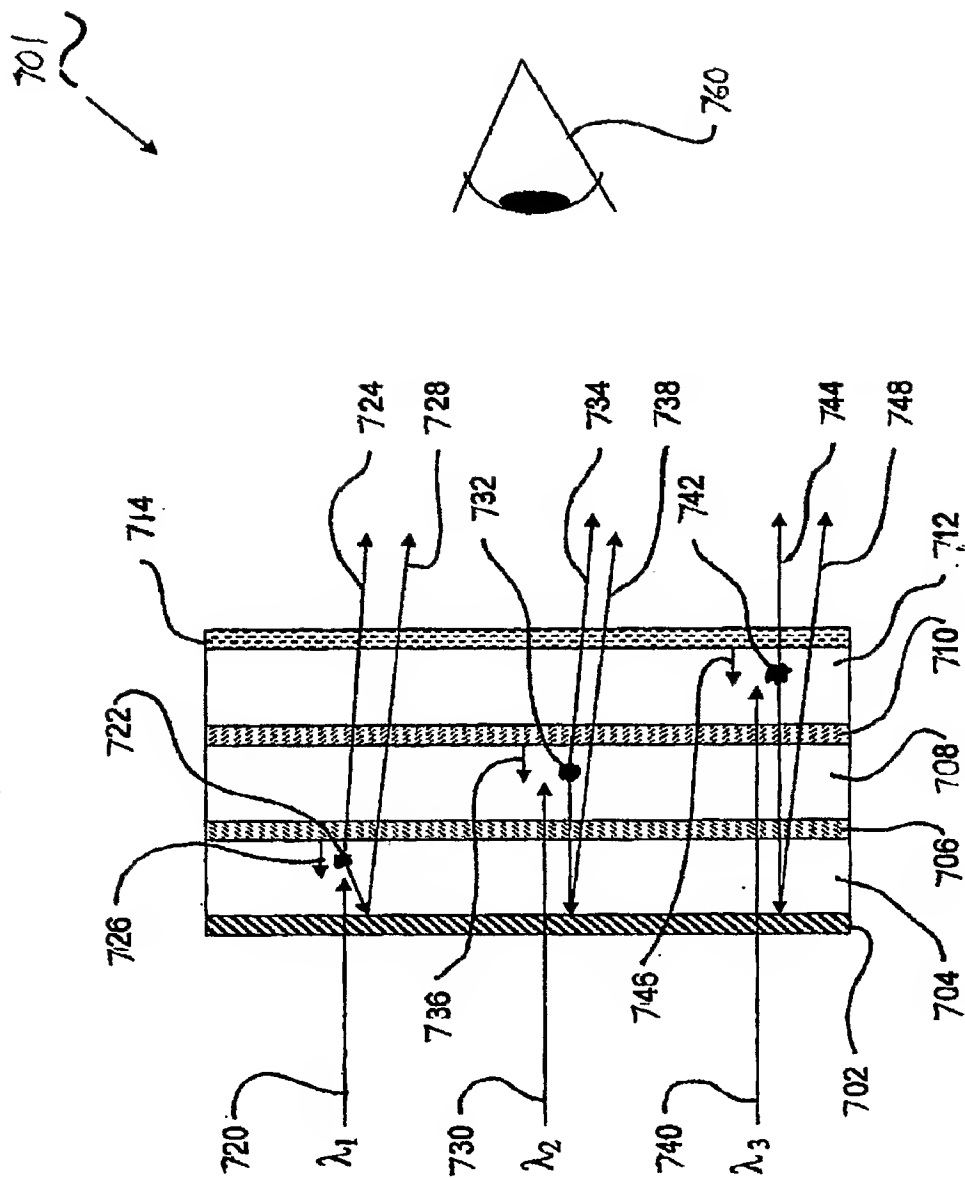


FIG. 8

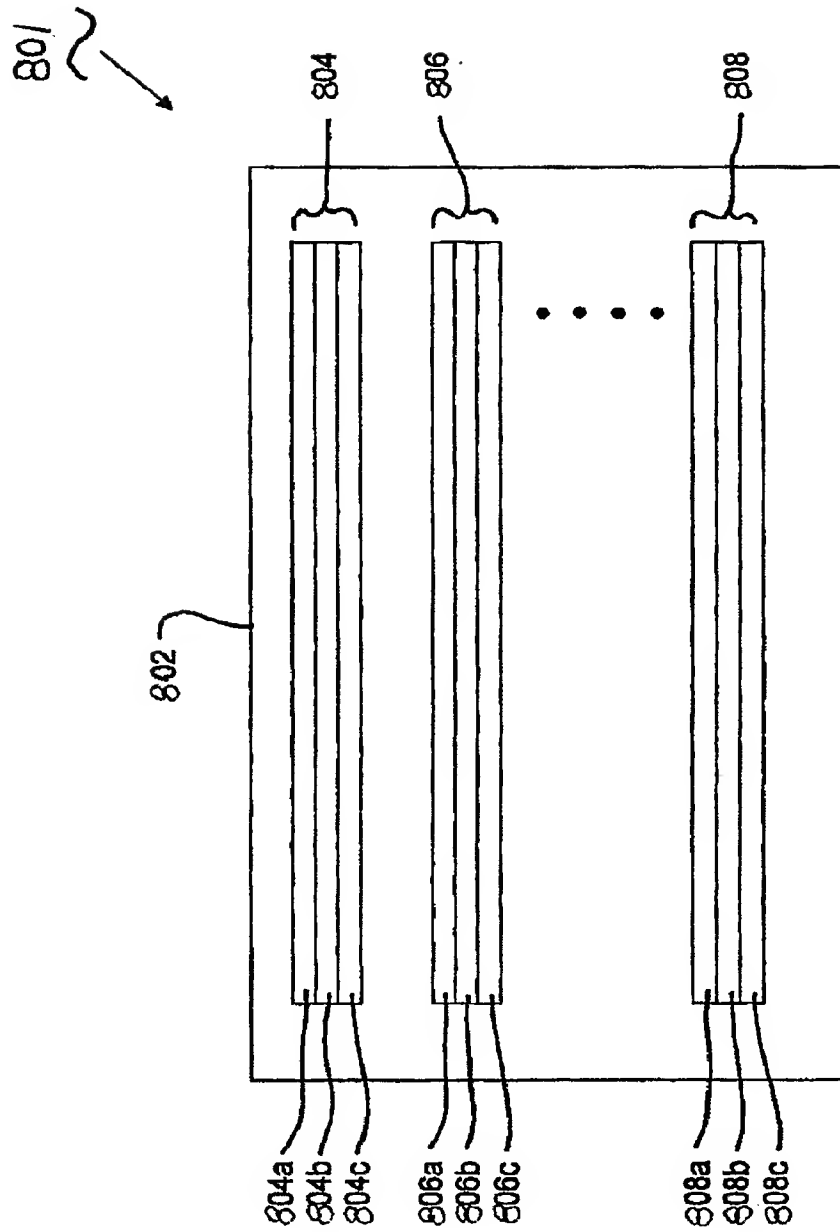
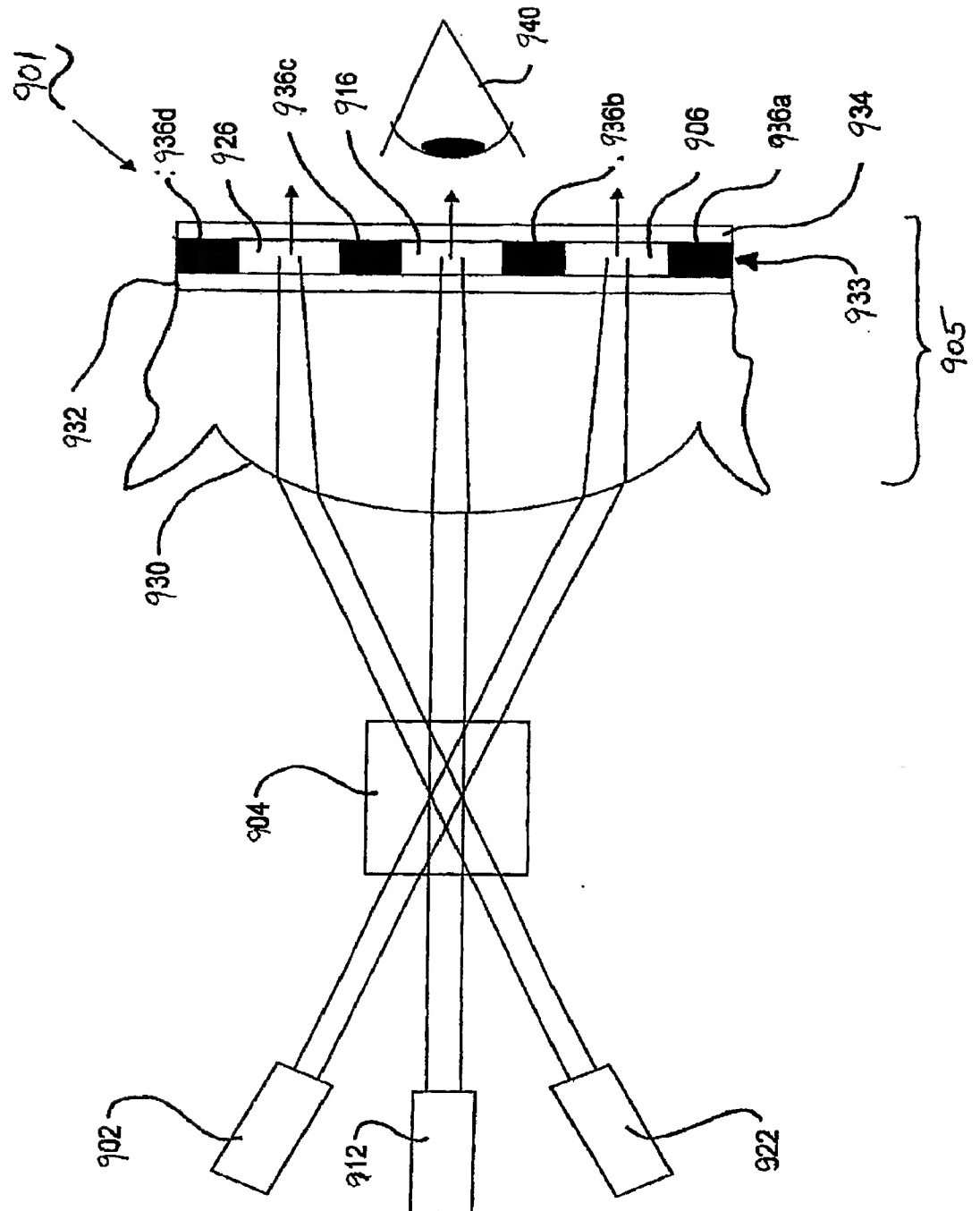
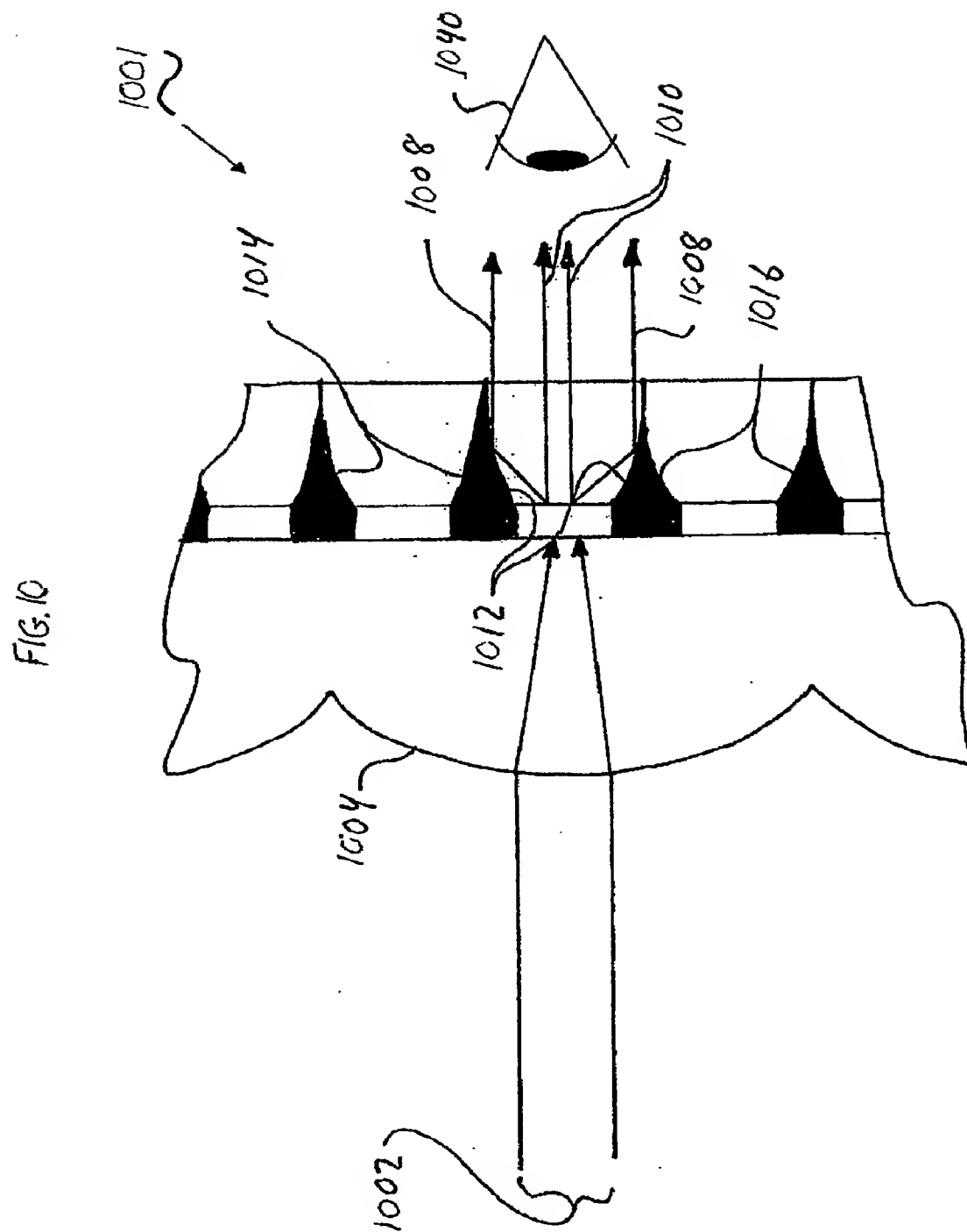


FIG. 9





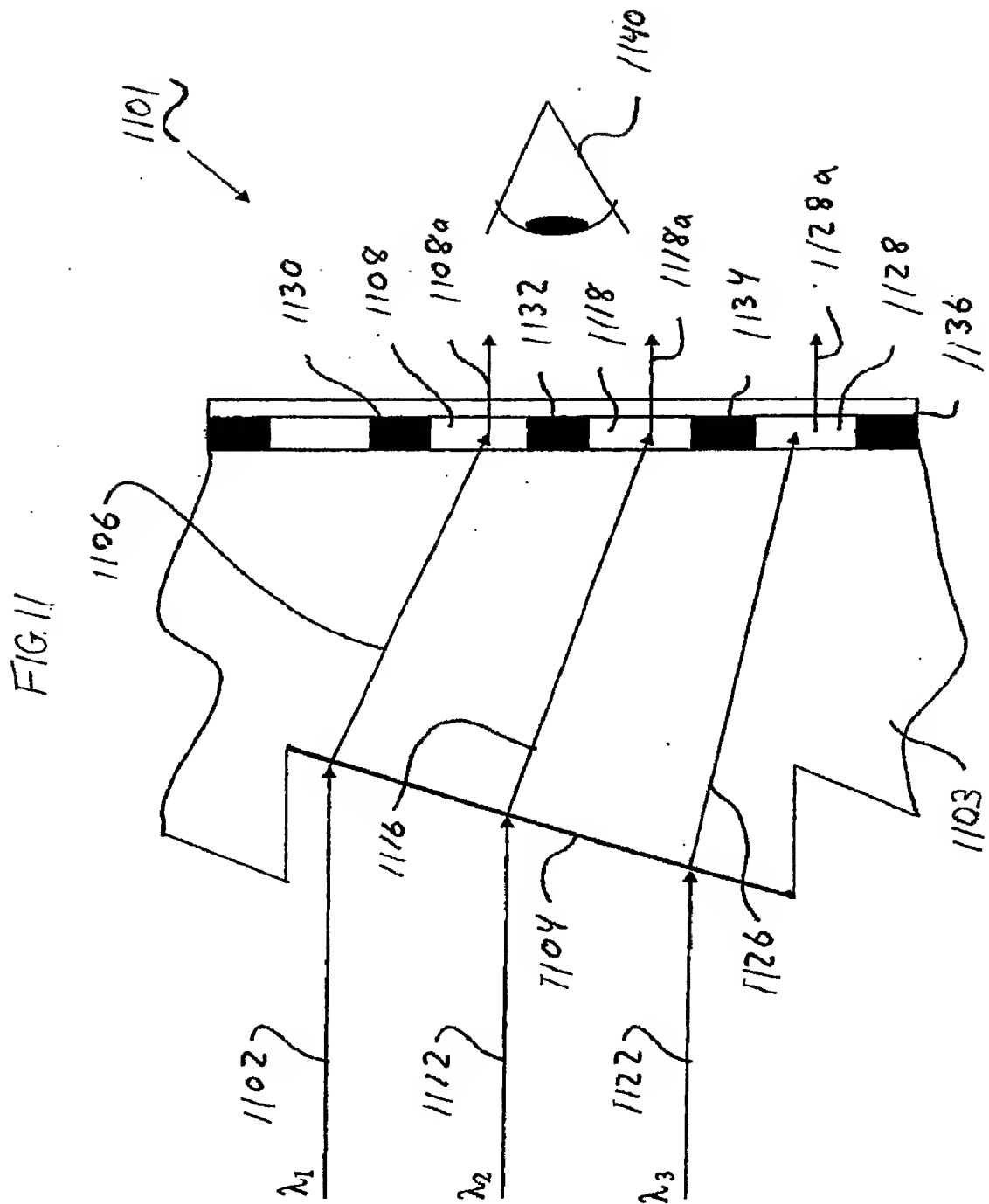




FIG. 12

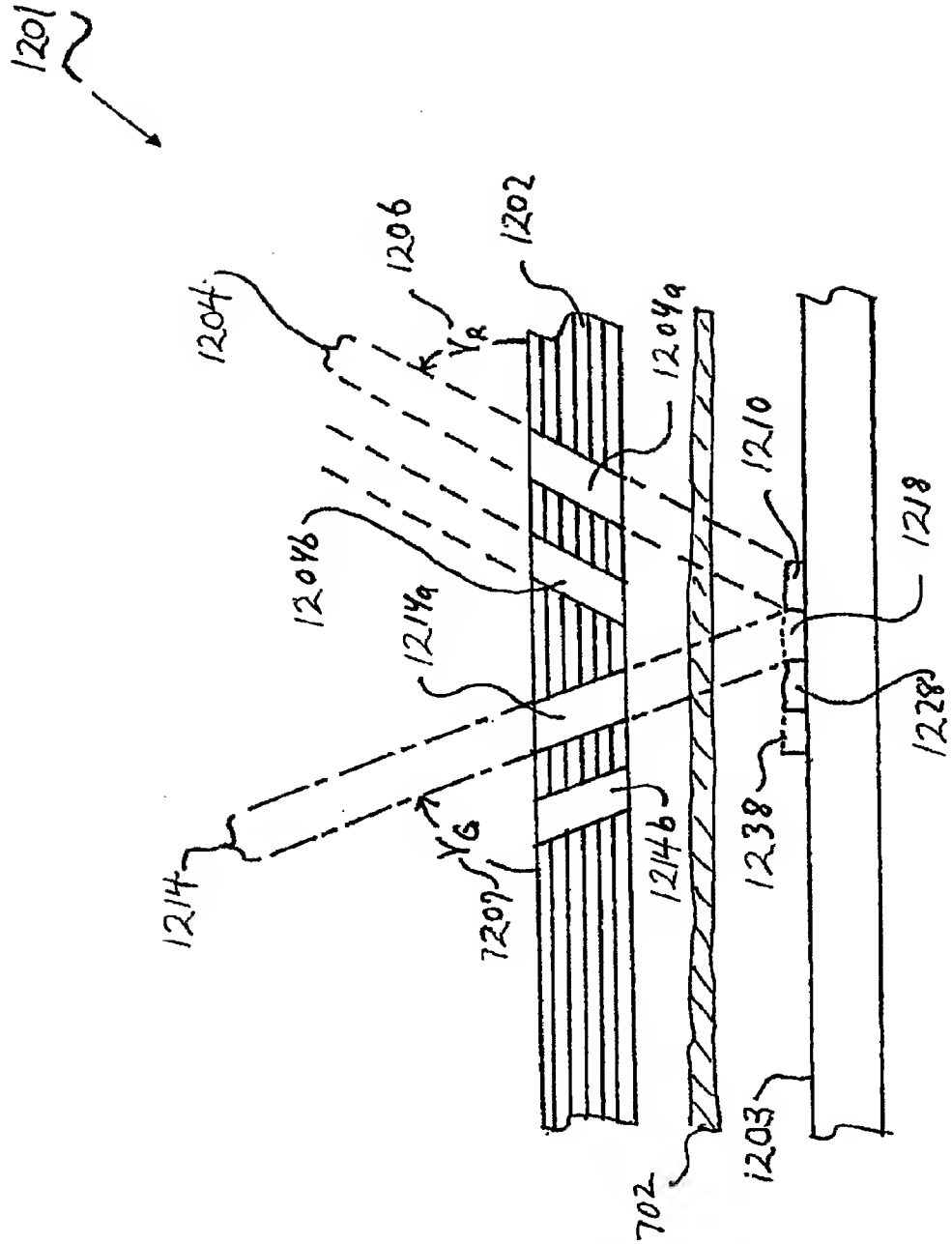
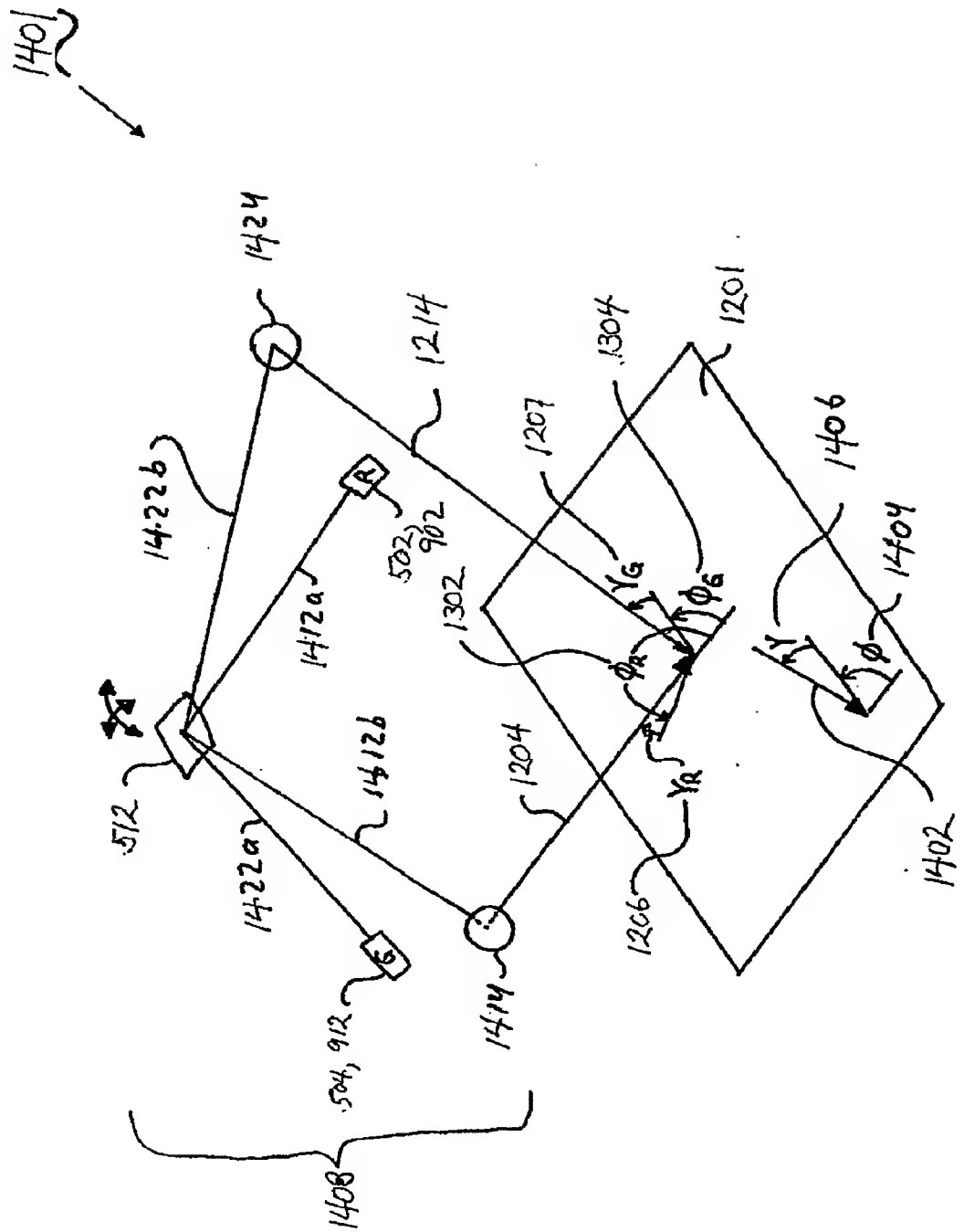




FIG. 14



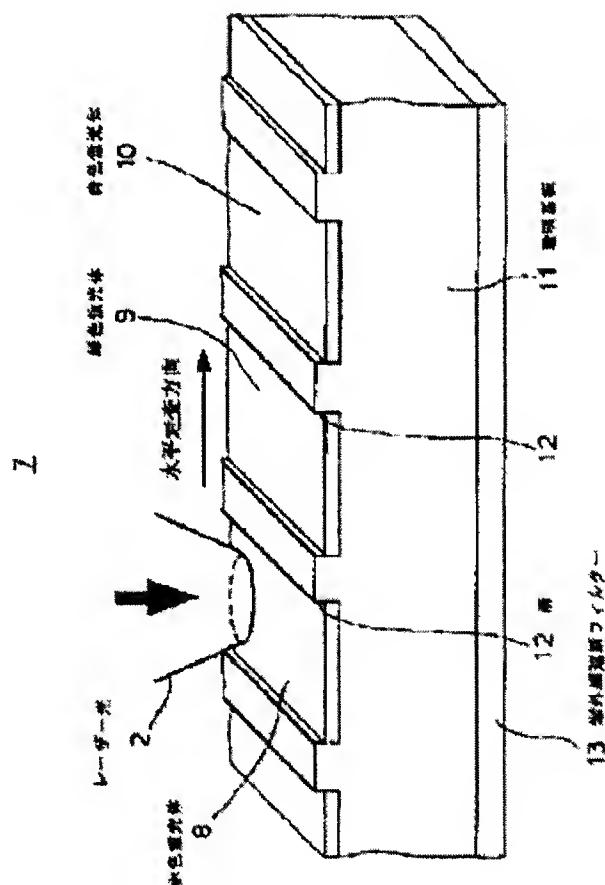
**DISPLAY DEVICE**

**Patent number:** JP2000049380  
**Publication date:** 2000-02-18  
**Inventor:** NAKAO ISAMU; OKI YUTAKA  
**Applicant:** SONY CORP  
**Classification:**  
- international: **H01L33/00; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00**  
- european:  
**Application number:** JP19980215822 19980730  
**Priority number(s):** JP19980215822 19980730

Report a data error here

**Abstract of JP2000049380**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high brightness, high-resolution, low power consumption, compact, and light display device. **SOLUTION:** The fluorescent surface of a display device is formed by arranging a fluorescent body, consisting of the fine particle of a crystal with a diameter that is four times larger than an excitation Bohr radius or less. For example, a stripe-shaped red fluorescent body 8, a green fluorescent body 9, and a blue fluorescent body 10 which extend in the direction in which orthogonally crosses a horizontal scanning direction are formed on the surface of a transparent substrate 11. The fluorescent surface is scanned in a horizontal scanning direction with a laser beam 2 of ultraviolet rays from a GaN laser diode, and the red fluorescent body 8, the green fluorescent body 9, and the blue fluorescent body 10 are excited for emitting red, green, and blue colors, thus performing color display.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-49380  
(P2000-49380A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000. 2. 18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I  
H 0 1 L 33/00

テーマコード\* (参考)  
F 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-215822

(22) 出願日 平成10年7月30日 (1998. 7. 30)

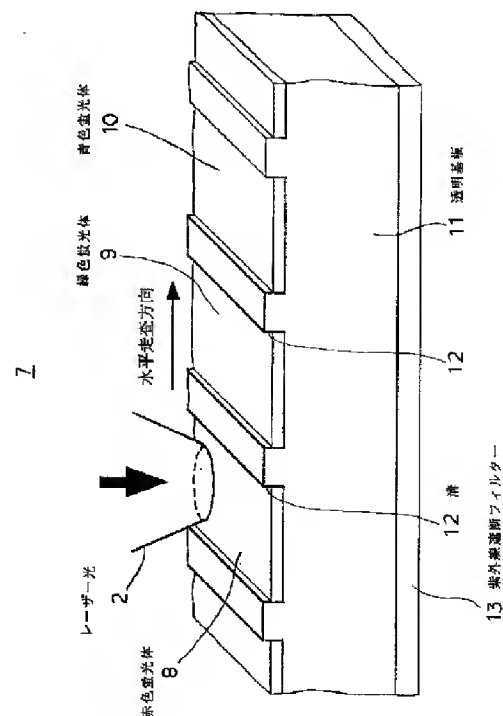
(71) 出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都品川区北品川6丁目7番35号  
(72) 発明者 中尾 勇  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内  
(72) 発明者 大木 裕  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内  
(74) 代理人 100082762  
弁理士 杉浦 正知  
Fターム(参考) 5F041 CA40 EE11 EE25

(54) 【発明の名称】 表示装置

(57) 【要約】

【課題】 高輝度、高解像度、低消費電力、小型、軽量の表示装置を提供する。

【解決手段】 表示装置の蛍光面を、励起子ポア半径の4倍以下の直径を有する結晶の微粒子からなる蛍光体を配置して形成する。例えば、水平走査方向に直交する方向に延びるストライプ状の赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10を透明基板11の表面に形成する。この蛍光面をGa N系レーザーダイオードによる紫外線のレーザー光2で水平走査方向に走査し、赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10を励起して赤色、緑色および青色を発光させ、カラー表示を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 励起子ボーア半径の 4 倍以下の直径を有する結晶の微粒子からなる蛍光体を配置した蛍光面を有し、上記蛍光面を紫外線で走査しながら励起するようにしたことを特徴とする表示装置。

【請求項 2】 上記蛍光体が励起子ボーア半径の 2 倍以下の直径を有する結晶の微粒子からなることを特徴とする請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 3】 上記紫外線を上記蛍光面上に集光するための集光レンズを有し、上記紫外線の走査方向における上記蛍光体の幅が、 $10\mu\text{m}$ 以下で、 $1.22\lambda/\text{NA}$ （ただし、 $\lambda$ は上記紫外線の波長（ $\mu\text{m}$ ）、 $\text{NA}$ は上記集光レンズの開口数）以上であることを特徴とする請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 4】 上記蛍光面に上記蛍光体が上記紫外線の走査方向と交差する方向に延在するストライプ状に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 5】 上記蛍光面に上記蛍光体が上記紫外線の走査方向と直交する方向に延在するストライプ状に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 6】 上記蛍光面に上記蛍光体が上記紫外線の走査方向および上記紫外線の走査方向と交差する方向に二次元アレイ状に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 7】 上記蛍光体は上記蛍光面の赤色発光部、緑色発光部および青色発光部にそれぞれ設けられた赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体からなり、これらの赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体を横断するように上記蛍光面を上記紫外線で走査しながらこれらの赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体を励起してそれぞれ赤色、緑色および青色を発光するように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の表示装置。

【請求項 8】 上記赤色蛍光体および上記緑色蛍光体を構成する上記微粒子は $\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Se}$ （ただし、 $0 < x \leq 1$ ）からなり、上記青色蛍光体を構成する上記微粒子結晶は $\text{ZnSe}$ からなることを特徴とする請求項 7 記載の表示装置。

【請求項 9】 上記微粒子の表面のダングリングボンドがターミネイトされていることを特徴とする請求項 1 記載の照明装置。

【請求項 10】 上記微粒子が量子井戸構造を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明装置。

【請求項 11】 上記紫外線の光源として窒化物系 $\text{II-V}$ 族化合物半導体を用いた発光素子を有することを特徴とする請求項 1 記載の表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、表示装置に関し、特に、紫外線により励起される蛍光体を用いた表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハイビジョン、デジタルテレビ（DTV）（米国）などの高画質の放送規格が提案、実用化され、より高解像度の表示装置（以下「ディスプレイ」ともいう）が求められている。解像度を上げるためには、1画素の面積、間隔を小さくすることが必要であるが、現在用いられている蛍光体の結晶粒子のサイズは数 $\mu\text{m}$ であるので、1画素の大きさとしては数十 $\mu\text{m}$ 程度が限界である。結晶サイズを小さくすれば画素を小さくすることができるが、結晶サイズを小さくすると表面体積比が大きくなり、結晶表面の不活性層のため発光効率が著しく減少する。このため、結晶サイズとしては1 $\mu\text{m}$ 程度が限界とされている。

【0003】米国特許第5455489号においては、このような問題を解決し、より高解像度のディスプレイを得る技術として、10nm程度の大きさの量子サイズ効果を示す微粒子（ナノクリスタル）から構成される蛍光体を、陰極線管（CRT）あるいは電界放射ディスプレイ（FED）に用いる方法が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような微粒子に電子線を照射した場合、発光効率は著しく小さい。一例として、硫化亜鉛にマンガンを添加した $\text{ZnS:Mn}$ のナノクリスタルおよび数 $\mu\text{m}$ サイズの粒径のバルクを電子線および紫外線で励起したときの輝度の差を表1に示す。表1からわかるように、紫外線励起ではナノクリスタルはバルクに比べて5倍も大きな輝度を示すが、電子線励起では電流が10倍も大きいにもかかわらずナノクリスタルはバルクに比べて2桁も小さな輝度しか得られていない。

【0005】

表1  $\text{ZnS:Mn}$ の輝度比較

	バルク	ナノクリスタル
紫外線励起	$14\text{Cd}/\text{m}^2$	$69\text{Cd}/\text{m}^2$
電子線励起	$30\text{Cd}/\text{m}^2$	$1\text{Cd}/\text{m}^2$ 以下

したがって、この発明の目的は、高輝度、高解像度、低

消費電力、小型、軽量の表示装置を提供することにあ

る。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】結晶サイズを励起子ボーア半径程度まで小さくすると（以降このような結晶を「ナノクリスタル」と呼ぶ）、量子サイズ効果による励起子の閉じ込めやバンドギャップの増大が観測される

（J. Chem. Phys., Vol. 80, No. 9, p. 1984）。このようなサイズの半導体には、フォトルミネッセンスにおける量子効率が大きくなるものもあることが報告されている（Phys. Rev. Lett., Vol. 72, No. 3, p. 416, 1994、MRS Bulletin Vol. 23, No. 2, p. 18, 1998および米国特許第5455489号）。この効果を、発光波長が量子サイズ効果で変化しないため比較しやすいZnS:Mnを例にとって説明する。先に示した表1はメタクリル酸で表面処理したZnS:Mnナノクリスタルと、1μm以上の粒径のバルクZnS:Mn粒子とを同じ紫外線ランプによって励起したときの発光の輝度を比較したものであるが、すでに述べたように、ZnS:Mnナノクリスタルでは、バルクZnS:Mn粒子の5倍近く高い輝度が得られる。

【0007】このような高い量子効率と量子サイズ効果とが物理的にどのように関係しているかは未だ明確に説明されていないが、電子-正孔対形成による振動子強度の増大、エネルギー準位の量子化による発光に寄与しない状態密度の減少、結晶格子の歪みによる発光中心付近の結晶場の変化の影響、結晶表面処理などが関係していると考えられる。これらのうちどの要素が発光効率に有効に寄与しているかは明らかではないが、以下に説明する励起子ボーア半径以下の大きさの結晶で、発光効率の増大が報告されている。ここで、励起子ボーア半径とは励起子の存在確率の分布の広がりを示すもので、 $4\pi\epsilon_0\hbar^2/m_e^2$ （ただし、 $\epsilon_0$ は材料の低周波誘電率、

$\hbar$ はプランク定数、 $m$ は電子および正孔の有効質量から得られる換算質量、 $e$ は電子の電荷）で表される。例えば、ZnSの励起子ボーア半径は2nm程度である。

【0008】最も典型的な量子サイズ効果の例としては、バンドギャップの増大が挙げられる。図1はL. E. Brusらの理論を基に計算したZnSのバンドギャップの結晶サイズ依存性を示す。本来のZnSのバンドギャップは約3.5eVであるから、直径約8nmより小さい範囲で量子サイズ効果が大きくなると予測することができる。この直径の値は励起子ボーア半径の2倍の半径を有する結晶に相当する。したがって、励起子ボーア半径の2倍以下の半径を有する結晶、言い換えれば、励起子ボーア半径の4倍以下の直径を有する結晶からなる蛍光体を用いることで、量子サイズ効果の発光への寄与を利用することができる。

【0009】一方、表面処理をしていない結晶では、表面に存在するイオンのダングリングボンドに励起された電子が捕獲され、非発光再結合するため、発光強度が著しく減少する。例えば、表2に示すように、アクリル酸によって表面処理されたZnS:Mnナノクリスタルでは、結晶表面のダングリングボンドが有効にターミネイトされ、表面処理されていない試料に比べて著しく発光強度が増大している。また、図2に示すように、ZnSでキャッピングしたCdSeナノクリスタルでは、同じように結晶表面のダングリングボンドがターミネイトされているだけでなく、量子井戸構造をとることで電子-正孔対がナノクリスタル内に強く閉じ込められ、再結合する。この材料では、キャッピングのないCdSeナノクリスタルに比べ一桁以上高い発光効率が得られ、50%程度の量子効率が得られる。

#### 【0010】

表2

表面処理	アクリル酸	無
輝度	69Cd/m <sup>2</sup>	9.4Cd/m <sup>2</sup>

蛍光体としてZnSe量子ドットを用いた場合について説明する。本来室温ではZnSeは2.58eVのバンドギャップを有するが、結晶サイズを粒径8.5±1.5nm程度まで小さくすると、量子サイズ効果によりバンドギャップは2.8eV程度に大きくなり、波長435nm付近にバンド端発光が観測される（図3）。ZnSeの励起子ボーア半径は4nm程度なので、この蛍光体の結晶粒径はこれとほぼ同程度と考えられる。この蛍光体は、紫外線照射により化学反応を誘起することで、結晶表面のダングリングボンドをターミネイトすることができ、さらに結晶表面に生成される反応物質がポテンシャル障壁となるので、理想的な量子井戸構造を形成することができる。このため、紫外線処理により図4に示

すように発光強度を著しく増大させることができる。

【0011】この蛍光体の励起スペクトル（発光強度の励起波長依存性）を図3に示す。図3より、波長270nmおよび波長370nmのところにピークが観測される。これらのうち長波長側の370nmのピークはGaNのバンドギャップに相当していることから、GaNあるいはGaNにInを添加したGaInNを活性層の材料とする紫外線発光ダイオードでこの蛍光体を励起することにより高い発光効率が得られる。また、発光ピークの半値幅も、従来の青色蛍光体に用いられている粒径が数μmのZnS:Agの60nmに比べ、ZnSe量子ドットでは20nm程度と非常に狭いので、色品質の良いディスプレイを実現することが可能である。

【0012】一方、緑色および赤色の蛍光体については、 $ZnSe$ の一部の $Zn$ を $Cd$ で置換した $Zn_{1-x}Cd_xSe$ （ただし、 $0 < x \leq 1$ ）量子ドットを用いることで、バンドギャップを小さくすることができる。そして、この $Zn_{1-x}Cd_xSe$ 量子ドットにおいて、 $Zn$ および $Cd$ の組成比あるいは結晶サイズを変えることにより、所望の波長の発光を得ることができる。これらの直接バンド間遷移の発光を用いることで、フルカラーディスプレイを実現することができる。また、量子ドットの表面処理としては、よりバンドギャップの大きい $ZnS$ などの層を表面に形成することができる。

【0013】以上のように、量子サイズ効果を示すような微結晶、すなわちナノクリスタルからなる蛍光体には、非常に大きな量子効率を示すものがあるので、このような蛍光体を紫外線発光素子で励起することにより、効率の良い表示装置を実現することができる。そして、この場合、この励起の方法としては、このようなナノクリスタルからなる蛍光体を蛍光面に配置し、この蛍光面を紫外線で走査しながら励起することが最も簡便で有効である。

【0014】この発明は、本発明者による以上のような検討に基づいて案出されたものである。

【0015】すなわち、上記目的を達成するために、この発明は、励起子ボーア半径の4倍以下の直径を有する結晶の微粒子からなる蛍光体を配置した蛍光面を有し、蛍光面を紫外線で走査しながら励起するようにしたことを特徴とする表示装置である。

【0016】この発明において、量子サイズ効果をより十分に得る観点からは、好適には、蛍光体は、励起子ボーア半径の2倍以下の直径を有する結晶の微粒子により構成する。

【0017】この発明において、表示装置は、典型的には、紫外線を蛍光面上に集光するための集光レンズを有する。この場合、紫外線の走査方向における蛍光体の幅は、好適には、 $10\mu m$ 以下で、 $1.22\lambda/NA$ （ただし、 $\lambda$ は紫外線の波長（ $\mu m$ ）、 $NA$ は集光レンズの開口数）以上とする。ここで、 $1.22\lambda/NA$ は、焦点における紫外線のスポットサイズである。

【0018】この発明においては、蛍光面に蛍光体が紫外線の走査方向と交差する方向、典型的には紫外線の走査方向と直交する方向に延在するストライプ状に形成されることもあるし、蛍光面に蛍光体が紫外線の走査方向および紫外線の走査方向と交差する方向、典型的には紫外線の走査方向と直交する方向に二次元アレイ状に形成される。

【0019】この発明において、典型的には、蛍光体は蛍光面の赤色発光部、緑色発光部および青色発光部にそれぞれ設けられた赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体からなり、これらの赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体を横断するように蛍光面を紫外線で走査しな

がらこれらの赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体を励起してそれぞれ赤色、緑色および青色を発光するように構成される。

【0020】この発明において、赤色蛍光体および緑色蛍光体を構成する微粒子は例えば $Zn_{1-x}Cd_xSe$ （ただし、 $0 < x \leq 1$ ）からなり、青色蛍光体を構成する結晶は例えば $ZnSe$ からなる。

【0021】この発明において、好適には、蛍光体を構成する微粒子の表面のダングリングボンドがターミネイトされる。また、典型的には、微粒子は量子井戸構造を有する。

【0022】この発明において、典型的には、紫外線の光源として窒化物系III-V族化合物半導体を用いた発光素子を有する。ここで、この窒化物系III-V族化合物半導体は、 $Ga$ 、 $Al$ 、 $In$ および $B$ からなる群より選ばれた少なくとも一種のIII族元素と、少なくとも $N$ を含み、場合によっては $As$ または $P$ を含むV族元素とからなる。この窒化物系III-V族化合物半導体の具体例を挙げると、 $GaN$ 、 $AlGaInN$ 、 $AlGaN$ 、 $GaInN$ 、 $AlGaInN$ 、 $InN$ などである。

【0023】上述のように構成されたこの発明によれば、蛍光体が励起子ボーア半径の4倍以下の直径を有する結晶の微粒子からなることにより、蛍光体の量子効率を高くすることができ、高輝度化を図ることができるとともに、低消費電力化を図ることができる。また、蛍光体を構成する結晶の微粒子のサイズが極めて小さいことから、これまでは蛍光体の結晶のサイズで制約されていた画素の大きさを、励起光である紫外線の波長と集光レンズの開口数とで決まってくる焦点のスポットサイズ程度まで小さくすることができ、高解像度化することができる。さらに、紫外線の光源としては、小型、軽量の窒化物系III-V族化合物半導体を用いた発光素子を用いることができ、これによって表示装置を小型化、軽量化することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明の一実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0025】図5にこの発明の一実施形態によるカラー表示装置の全体構成を示す。図5に示すように、この一実施形態によるカラー表示装置においては、 $GaN$ あるいは $InGaInN$ を活性層とする $GaN$ 系レーザーダイオード1に輝度信号に応じた電流を流すことにより発振する波長約380nmのレーザー光2は、コリメーターレンズ3で平行光となり、さらに集光レンズ4で集光される。この集光レンズ4の焦点の手前に音響光学偏向器（AOD）5とガルバノミラー6とが設置されている。そして、音響光学偏向器5にはFM変調された水平方向



の走査信号が、ガルバノミラー6には垂直方向の走査信号が入力され、蛍光面7上に焦点を結んだレーザー光2が蛍光面7を走査し、表示を行うようになっている。

【0026】図6は蛍光面7の詳細構造を示す。図6に示すように、蛍光面7には、水平走査方向と直交する方向に延在するストライプ状の赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10が互いに平行に配置されている。これらのストライプ状の赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10は、蛍光面7の水平走査方向と直交する方向の全長にわたり延在している。これらの赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10を一組にしたものが、水平走査方向に必要な画素数に応じた数だけ設けられている。ここで、赤色蛍光体8としては、例えば粒径6～10nmの例えば $x=0.90$ の $Zn_{1-x}Cd_xSe$ からなるナノクリスタルあるいは $Zn_{1-x}Cd_xSe$ 量子ドットからなるものが用いられる。また、緑色蛍光体9としては、例えば粒径6～10nmの例えば $x=0.38$ の $Zn_{1-x}Cd_xSe$ からなるナノクリスタルあるいは $Zn_{1-x}Cd_xSe$ 量子ドットからなるものが用いられる。また、青色蛍光体10としては、例えば粒径6～10nm程度の $ZnSe$ からなるナノクリスタルあるいは $ZnSe$ 量子ドットからなるものが用いられる。また、ストライプ状の赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10のそれぞれの幅は、10 $\mu m$ 以下で、レーザー光2の波長( $\lambda$ ( $\mu m$ ))と集光レンズ4の開口数(NA)とで決まるレーザー光2の焦点でのスポットサイズ( $1.22 \times \lambda / NA$ )以上とする。一例を挙げると、 $\lambda=380nm$ 、 $NA=0.1$ の場合、このストライプ状の赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10のそれぞれの幅を約5 $\mu m$ 程度とする。

【0027】ストライプ状の赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10は、透明基板11の表面に互いに平行に形成されたストライプ状の溝12に埋め込まれている。この透明基板11の材料としては、可視光に対して透明であれば基本的にはどのようなものを用いてもよいが、具体例を挙げると、サファイア、熔融石英などである。また、この透明基板11の裏面には、紫外線遮断フィルター13が設けられている。この紫外線遮断フィルター13は、赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10が吸収しきれない紫外線のレーザー光2が、スクリーンから発せられるのを防止するためのものである。

【0028】上述のように構成されたこの一実施形態によるカラー表示装置においては、水平走査信号および垂直走査信号に応じてレーザー光2が蛍光面7上を走査するとき、その位置における蛍光体が発すべき光の輝度に相当する電流がGaN系レーザーダイオード1に注入されるように制御が行われる。そして、これによって、注入電流に応じた強度のレーザー光2がGaN系レーザー

ダイオード1から発せられ、これにより蛍光面7上の赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10が励起され、それぞれ赤色、緑色および青色を発光する。このような動作を、蛍光面7上をレーザー光2を順次走査しながら行うことにより、画像情報を表示する。

【0029】次に、上述のように構成されたこの一実施形態によるカラー表示装置の製造方法について説明する。図7～図18にこの製造方法を示す。ここでは、一例として、透明基板11としてサファイア基板を用いる場合について説明する。

【0030】まず、図7に示すように、サファイア基板である透明基板11の表面にボジ型のフォトレジスト14を塗布する。

【0031】次に、図8に示すように、所定のフォトマスク15を用いてフォトレジスト14をストライプ状に露光する。

【0032】次に、フォトレジスト14の現像を行い、露光部を除去する。これによって、図9に示すように、ストライプ状のレジストパターン16が形成される。

【0033】次に、図10に示すように、レジストパターン16をマスクとして例えば反応性イオンエッチング(RIE)法により透明基板11を所定の深さまでエッチングし、ストライプ状の溝12を形成する。

【0034】次に、図11に示すように、レジストパターン16を例えばアセトンなどを用いて除去する。

【0035】次に、図12に示すように、例えば二クロム酸アンモニウム(ADC)およびポリビニルアルコール(PVA)の水溶液中に上述の半導体ナノクリスタルからなる蛍光体を分散させた液体原料を入れた容器の底に透明基板11を設置し、この透明基板11の表面に遠心分離により赤色蛍光体8を沈降させる。

【0036】次に、透明基板11を液体原料から取り出し、この透明基板11に付着した水を蒸発させた後、図13に示すように、透明基板11の赤色発光部に対応する部分に開口を有するフォトマスク17を用いて露光を行い、二クロム酸アンモニウムとポリビニルアルコールとを架橋させ、赤色蛍光体8を水に不溶にする。

【0037】次に、図14に示すように、透明基板11を水で洗浄し、赤色発光部の溝12以外の部分の赤色蛍光体8を除去する。

【0038】次に、図15に示すように、図12と同様なプロセスで、透明基板11の表面に緑色蛍光体9を沈降させる。

【0039】次に、図16に示すように、図13と同様なプロセスで、透明基板11の緑色発光部に対応する部分に開口を有するフォトマスク18を用いて露光を行い、二クロム酸アンモニウムとポリビニルアルコールとを架橋させ、緑色蛍光体9を水に不溶にする。

【0040】次に、図17に示すように、透明基板11を水で洗浄し、緑色発光部の溝12以外の部分の緑色蛍

光体9を除去する。

【0041】次に、図18に示すように、以上と同様なプロセスをもう一度繰り返す、透明基板11の青色蛍光部の溝12内に青色蛍光体10を形成する。

【0042】この後、透明基板11の裏面に紫外線遮断フィルター13を形成し、目的とするカラー表示装置を完成させる。

【0043】以上のように、この一実施形態によれば、赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10とも、励起子ボーア半径の4倍以下の粒径の結晶、すなわちナノクリスタルからなることにより、高輝度、低消費電力のフルカラーフラット型ディスプレイを実現することができる。また、このように赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10がナノクリスタルからなることにより、これまでは蛍光体の結晶のサイズで制約されていた画素の大きさを、レーザー光2の波長 $\lambda$ と集光レンズ3の開口数NAとで決まってくる焦点でのスポットサイズ程度まで小さくすることができ、高解像度化を図ることができる。また、紫外線のレーザー光2の光源として小型、軽量のGaN系レーザーダイオード1を用いていることにより、カラー表示装置の小型化、軽量化を図ることができる。

【0044】以上、この発明の一実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0045】例えば、上述の一実施形態において挙げた数値、構造、形状、基板、プロセスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれらと異なる数値、構造、形状、基板、プロセスなどを用いてもよい。

【0046】具体的には、例えば、透明基板11の材料として紫外線に対して不透明なもの（樹脂など）を用いる場合には、紫外線遮断フィルター13を形成しなくてもよい。

【0047】また、上述の一実施形態においては、赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10を蛍光面7の水平走査方向と直交する方向の全長にわたって延在するストライプ状に形成しているが、これらの赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10は、蛍光面7の水平走査方向と直交する方向に分割して形成してもよく、さらには、赤色蛍光体8、緑色蛍光体9および青色蛍光体10をストライプ状に形成しないで、水平走査方向と直交する方向に1画素分の長さを有する島状に形成してもよい。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、蛍光体が励起子ボーア半径の4倍以下の直径を有す

る結晶の微粒子からなることにより、高輝度、高解像度、低消費電力、小型、軽量の表示装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ZnSのバンドギャップエネルギーの結晶サイズ依存性を示す略線図である。

【図2】CdSe量子ドットを示す断面図およびエネルギーバンド図である。

【図3】室温で測定されたフォトルミネッセンススペクトルおよび励起スペクトルを示す略線図である。

【図4】ZnSe量子ドットのフォトルミネッセンス強度を紫外線照射時間の関数として表した略線図である。

【図5】この発明の一実施形態によるカラー表示装置を示す断面図である。

【図6】この発明の一実施形態によるカラー表示装置における蛍光面の詳細構造を示す斜視図である。

【図7】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図8】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図9】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図10】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図11】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図12】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図13】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図14】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図15】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図16】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

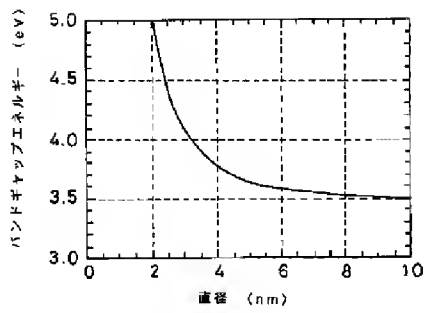
【図17】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図18】この発明の一実施形態によるカラー表示装置の製造方法を説明するための断面図である。

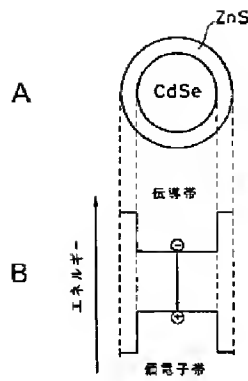
【符号の説明】

1・・・GaN系レーザーダイオード、2・・・レーザー光、4・・・集光レンズ、5・・・音響光学偏向器、6・・・ガルバノミラー、8・・・赤色蛍光体、9・・・緑色蛍光体、10・・・青色蛍光体、11・・・透明基板、12・・・溝、13・・・紫外線遮断フィルター

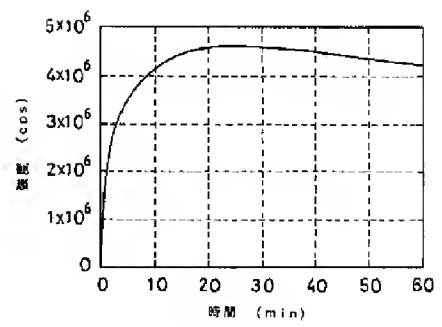
【図1】



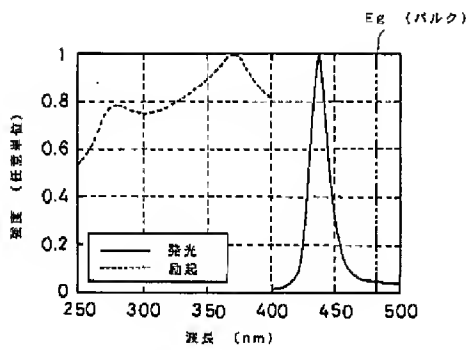
【図2】



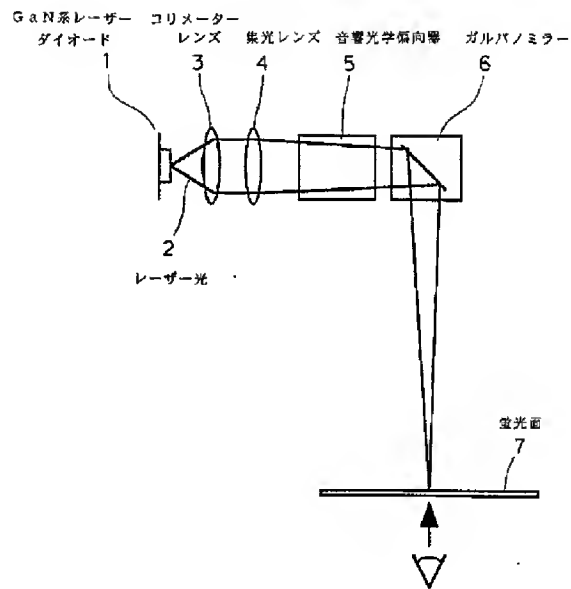
【図4】



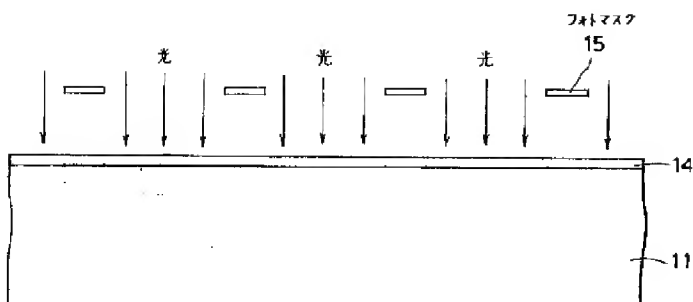
【図3】



【図5】

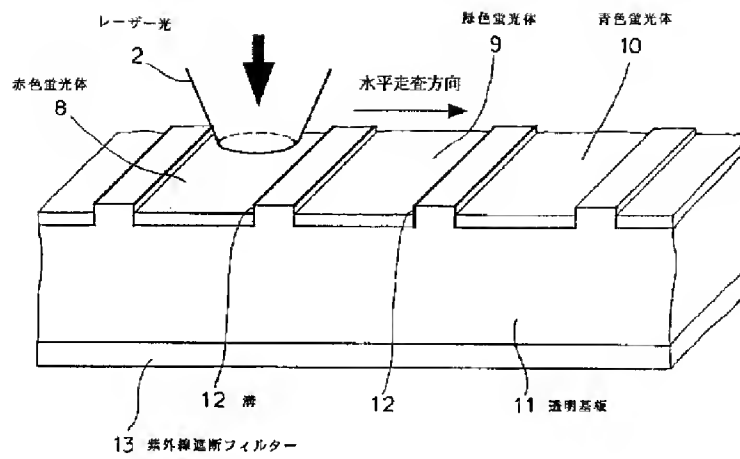


【図8】

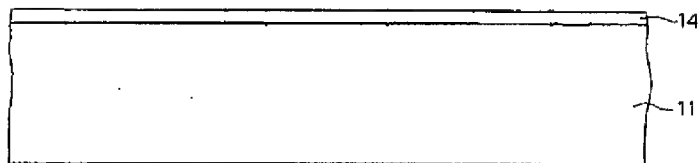


【図6】

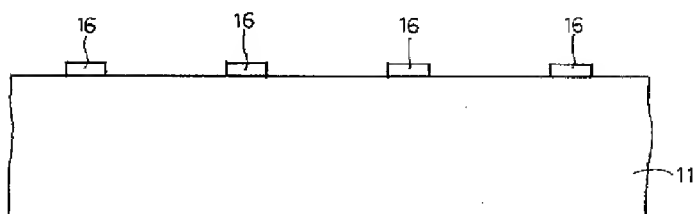
7



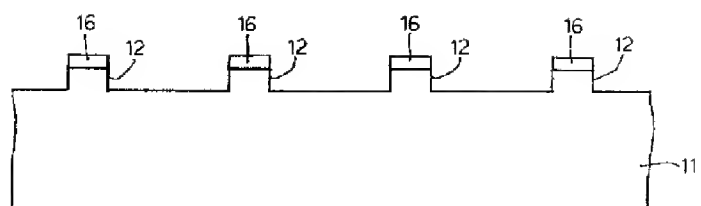
【図7】



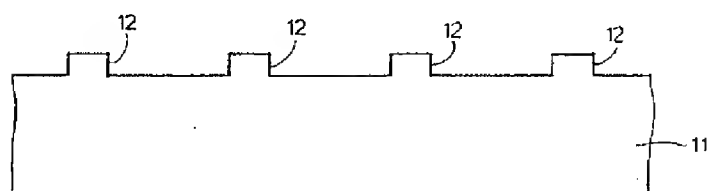
【図9】



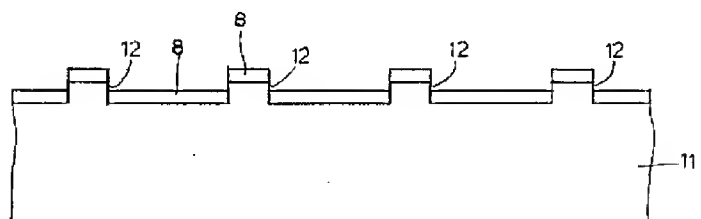
【図10】



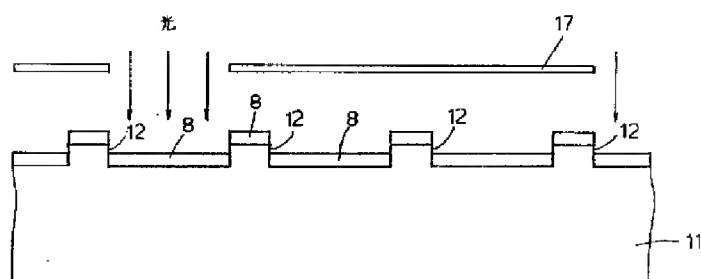
【図11】



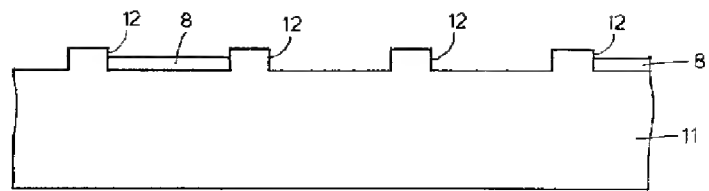
【図12】



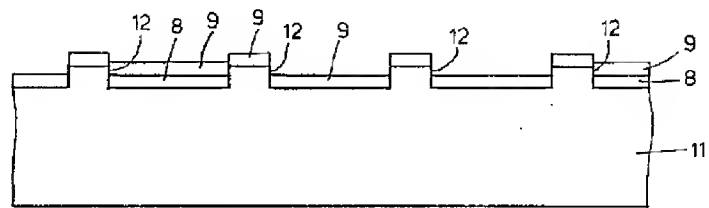
【図13】



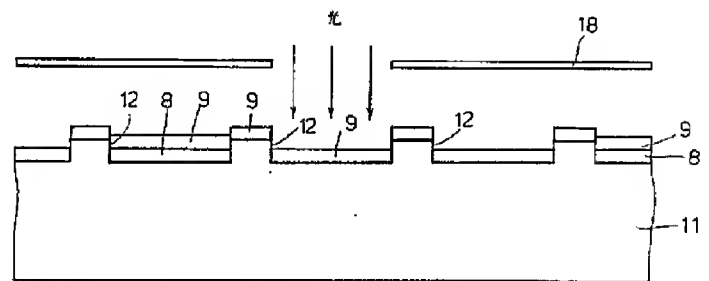
【図14】



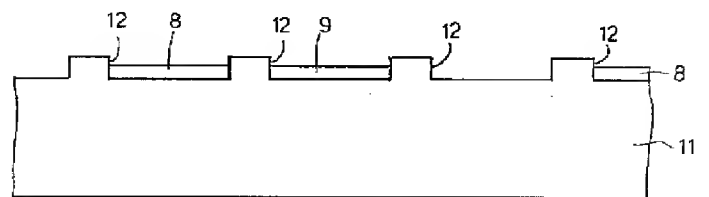
【図15】



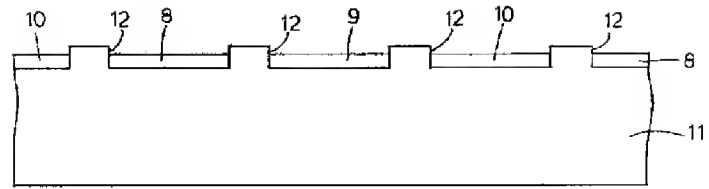
【図16】



【図17】








【図18】



**DISPLAY SYSTEM AND METHOD USING SOLID-STATE LASER**

**Patent number:** JP2006323391  
**Publication date:** 2006-11-30  
**Inventor:** STEVEN D LESTER; BOUR DAVID P; CORZINE SCOTT W  
**Applicant:** AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP  
**Classification:**  
- international: **G09G3/02; G02B26/08; G09G3/20; G09G3/34; G09G3/36; H01S5/00; H01S5/323; G09G3/02; G02B26/08; G09G3/20; G09G3/34; G09G3/36; H01S5/00;**  
- european: G02F2/02; H04N9/31L  
**Application number:** JP20060137395 20060517  
**Priority number(s):** US20050132943 20050519

**Also published as:**

 EP1725050 (A2)  
 US2006262243 (A1)  
 KR20060120466 (A)  
 EP1725050 (A3)  
 CN1897072 (A)

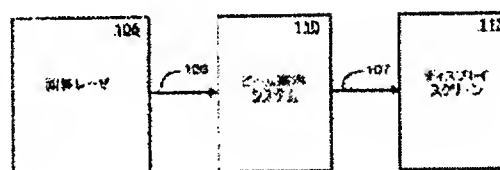
[Report a data error here](#)

**Abstract of JP2006323391**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a display system which uses a solid-state laser for exciting appropriate phosphor and emits light.

**SOLUTION:** The display system (100, 300, 700, 800, 900, 910) includes a display screen (115) having a phosphor that emits light of wavelength range of about 450 nm to about 650 nm, when the phosphor is excited by a laser beam. The laser beam is generated by a solid-state laser (105), having an operating wavelength range of about 330 nm to about 440 nm.

**COPYRIGHT:** (C)2007,JPO&INPIT



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-323391

(P2006-323391A)

(43) 公開日 平成18年11月30日(2006.11.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G09G 3/02 (2006.01)</b>	G09G 3/02 A	2H041
<b>G02B 26/08 (2006.01)</b>	G02B 26/08 E	5C006
<b>H01S 5/00 (2006.01)</b>	H01S 5/00	5C080
<b>H01S 5/323 (2006.01)</b>	H01S 5/323 G10	5F173
<b>G09G 3/36 (2006.01)</b>	G09G 3/36	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2006-137395 (P2006-137395)  
 (22) 出願日 平成18年5月17日 (2006.5.17)  
 (31) 優先権主張番号 11/132943  
 (32) 優先日 平成17年5月19日 (2005.5.19)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 506076606  
 アバゴ・テクノロジーズ・ジェネラル・ア  
 イビー (シンガポール) プライベート・リ  
 ミテッド  
 シンガポール国シンガポール768923  
 , イーシュン・アベニュー・7・ナンバー  
 1  
 (74) 代理人 100087642  
 弁理士 古谷 聡  
 (74) 代理人 100076680  
 弁理士 溝部 孝彦  
 (74) 代理人 100121061  
 弁理士 西山 清春

最終頁に続く

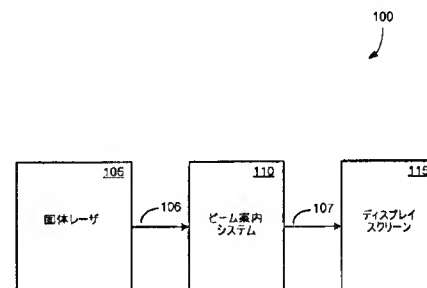
(54) 【発明の名称】 固体レーザを使用するディスプレイシステム及び方法

(57) 【要約】

【課題】 固体レーザを使用するディスプレイシステムの提供

【解決手段】 本発明によるディスプレイシステム(100,300,700,800,900,910)は、レーザビームによって励起された場合に約450nm〜約650nmの波長範囲の光を放出する蛍光体を有するディスプレイスクリーン(115)を含む。レーザビームは、約330nm〜約440nmの動作波長範囲を有する固体レーザ(105)により生成される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 の蛍光体サブピクセル (451) を含むディスプレイスクリーン (115) と、  
約 330 nm～約 440 nm の動作波長範囲における第 1 の動作波長のレーザビームを生成するように動作可能な第 1 の固体レーザ (105) と、

前記第 1 の固体レーザからレーザビームを受け取り、前記第 1 の蛍光体サブピクセル上にレーザビームを送るように動作可能であり、その結果として前記第 1 の蛍光体サブピクセルが約 450 nm～約 650 nm の波長範囲における第 1 の色の光を放出するように励起される、第 1 のビーム案内システム (110) とを含む、ディスプレイシステム (100、300、700、800、900、910)。

10

## 【請求項 2】

前記第 1 の動作波長が約 405 nm である、請求項 1 に記載のディスプレイシステム。

## 【請求項 3】

前記第 1 の固体レーザが、 $(Al_x In_{1-x})_y Ga_{1-y}N$  からなる端面発光型デバイスであり、ここで、 $1 \geq x > 0$ 、及び  $1 \geq y > 0$  である、請求項 2 に記載のディスプレイシステム。

## 【請求項 4】

前記第 1 の色が、a) 約 650 nm の波長を有する赤色、b) 約 535 nm の波長を有する緑色、及び c) 約 450 nm の波長を有する青色の 1 つである、請求項 3 に記載のディスプレイシステム。

20

## 【請求項 5】

前記第 1 のビーム案内システムが微小電子機械システム (MEMS) を含む、請求項 1 に記載のディスプレイシステム。

## 【請求項 6】

前記第 1 のビーム案内システムが、a) 光反射要素、及び b) 光透過制御要素の一方を含む、請求項 5 に記載のディスプレイシステム。

## 【請求項 7】

液晶ディスプレイスクリーン (315) と、

蛍光体コーティングを含み、前記液晶ディスプレイスクリーンにバックライト照明を提供するように動作可能なバックライトパネル (310) と、

30

約 330 nm～約 440 nm の動作波長範囲における第 1 の動作波長のレーザビームを生成するように動作可能な固体レーザ (105) と、

前記固体レーザからレーザビームを受け取り、前記バックライトパネルの蛍光体コーティング上に走査パターンでレーザビームを送るように動作可能であり、その結果として前記蛍光体コーティングが約 450 nm～約 650 nm の波長範囲における第 1 の色の光を放出するように励起される、ビーム案内システム (110) とを含む、ディスプレイシステム (100)。

## 【請求項 8】

前記走査パターンが、a) 飛越し走査パターン、及び b) 順次走査パターンの一方からなる、請求項 7 に記載のディスプレイシステム。

40

## 【請求項 9】

第 1 の蛍光体サブピクセルを含むディスプレイスクリーン (115) を準備し、

固体レーザ (105) を準備し、

約 330 nm～約 440 nm の動作波長範囲における第 1 の動作波長のレーザビームを生成するように前記固体レーザを構成し、

前記第 1 の蛍光体サブピクセル上に当たるようにレーザビームを送り、その結果として前記第 1 の蛍光体サブピクセルが約 450 nm～約 650 nm の波長範囲における第 1 の色の光を放出するように励起されることを含む、画像を表示する方法。

## 【請求項 10】

前記第 1 の蛍光体サブピクセル上に当たるようにレーザビームを送ることが、a) レー

50

ザビームを選択的に反射すること、及びb) レーザビームの透過を選択的に制御することの一方からなる、請求項9に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、適切な蛍光体を励起して光を放出するために固体レーザを使用するディスプレイシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

電子ディスプレイは、液晶ディスプレイ(LCD)技術、発光ダイオード(LED)技術、及び蛍光発光技術のような種々の技術を用いて実現される。蛍光発光技術は、古くて、陰極線管(CRT)により最もよく例示されるよく知られた技術である。

【0003】

CRTのラスト走査モードは概して、1つ又は複数の一般に受け入れられている走査の標準規格に適合し、それにより種々のコンポーネント間の互換性、並びに種々の製造業者により製造されたディスプレイ間で均一な画像品質レベルが保証される。

【0004】

しかしながら、CRTは、大きな体積、過大な重量、高い消費電力、及び危険な電圧の存在のようないくつかの不利益を欠点として持つ。従って、CRTは、係る不利益が許容できる場合にのみ使用され、残念ながら最近の多くの用途に不适当であることがわかっている。例えば、CRTは、携帯情報端末(PDA)又は携帯電話などの小さな携帯型装置に容易に一体化されることはできない。従って、これらの装置は、サイズ、重量、及び他の特徴に関して、より適合した代替の技術を使用することが多い。

【0005】

LCD技術は、CRT技術に対する代案である。LCD技術は、光を選択的に伝えるために「光のシャッタ」として動作するピクセルレベルの光制御要素を組み込む。

【0006】

LCDの消費電力は、CRTよりも少なく、多くの用途に非常に適しているとわかっている。残念ながら、LCDディスプレイは、特定の周囲光条件の下で提供されるディスプレイの可視性が不十分になる可能性がある。

【0007】

LCDディスプレイシステムは、ピクセルレベルの光制御要素として液晶を利用するが、他のディスプレイシステムのいくつかは、微小電子機械システム(MEMS)として概して分類され得る要素を利用する。MEMSの応用形態の一例では、マイクロミラーのアレイを用いて、ディスプレイスクリーン上へ光を選択的に送っている。MEMS技術は、種々のイメージング装置に使用されており、画像の高い輝度、及び鮮明度のような特徴が望まれるいくつかの用途において普及していることが判明している。

【0008】

しかしながら、画像の高い輝度は一般に、ハロゲン球のような高輝度光源を用いることによって得られる。残念ながら、ハロゲン球は、固体光源と比較して非効率的な光源である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

従って、本発明の課題は、上述した技術的な問題を克服、又は少なくとも緩和することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明によるディスプレイシステムは、レーザビームによって励起された場合に約450nm～約650nmの波長範囲の光を放出する蛍光体を有するディスプレイスクリーン

10

20

30

40

50

を含む。レーザビームは、約 330 nm～約 440 nm の動作波長範囲を有する固体レーザにより生成される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、適切な蛍光体を励起して光を放出するために固体レーザを使用するディスプレイシステムが提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の多くの態様は、図面を参照することによって、より良く理解され得る。図面の要素は、必ずしも一律の縮尺に従っていない。それよりむしろ、本発明の原理を明確に例示することに重点が置かれている。さらに、図面において、同じ参照符号は、いくつかの図面にわたって対応する部品を示す。

【0013】

本発明による種々の実施形態は、適切な蛍光体を励起して光を放出するために固体レーザを使用するディスプレイシステムに関する。例示的な一実施形態において、固体レーザは、ほぼ 330 nm～440 nm の波長範囲のレーザビームを生成し、レーザビームはディスプレイスクリーンの蛍光体を励起するために使用される。励起された蛍光体は、ほぼ 450 nm～650 nm の波長範囲の光を放出する。

【0014】

図 1 は、本発明によるディスプレイシステム 100 の第 1 の例示的な実施形態を示し、その実施形態は、ビーム案内システム 110 に光学的に結合された固体レーザ 105 を含み、そのビーム案内システム 110 はディスプレイスクリーン 115 に光学的に結合されている。この例示的な実施形態において、固体レーザ 105 は、アルミニウム、ガリウム、インジウム、及び窒素のような材料からなる端面発光型半導体レーザである。一般に、固体レーザ 105 は、適切な基板上に形成されたいくつかの別個の材料層からなる。適切な基板のいくつかの例は、窒化ガリウム (GaN) 基板、炭化ケイ素 (SiC) 基板、及びサファイア基板である。

【0015】

いくつかの別個の層の中で、活性層と呼ばれる 1 つの層は、適切な電圧バイアスが固体レーザ 105 に印加された場合に、光が生成される量子井戸領域を含む。光は、活性層の両側にある 2 つのクラッディング層によって活性領域に横方向に閉じ込められる。横方向に閉じ込められるが、光は、活性領域の長さに沿って横方向に伝播することが可能であり、ミラー端部ファセットによって反射される。1 つ又は複数の係る反射の後、光は、固体レーザ 105 の端部ファセットに配置された開口から横方向に放出されることができるようになる。この放出された光は、本発明に従ってレーザビーム 106 を構成する。

【0016】

動作波長とも呼ばれる、レーザビーム 106 の発光波長は、活性層の材料によって大部分決まる。一般に、活性層は、窒化インジウムガリウム (InGaN) からなるが、他の層、例えばクラッディング層は、窒化アルミニウムガリウム (AlGaIn) 又は窒化ガリウム (GaN) のような化合物からなる。この例示的な実施形態において、固体レーザ 105 は、約 330 nm～約 440 nm の動作波長を有し、約 405 nm の最適な動作波長を有する。固体レーザは一般に、 $(\text{Al}_x \text{In}_y \text{Ga}_{1-x-y})\text{N}$  からなり、ここで、 $1 \geq x > 0$ 、及び  $1 \geq y > 0$  である。

【0017】

いくつかの市販の固体レーザが、固体レーザ 105 の使用に適している。例えば、日亜化学工業株式会社は、本発明に従う種々の波長範囲で動作するいくつかのレーザダイオードモジュールを提供する。

【0018】

ビーム案内システム 110 は、固体レーザ 105 からレーザビーム 106 を受け取り、それをディスプレイスクリーン 115 上に送る。例示的な一実施形態において、ビーム案

10

20

30

40

50

内システム 110 は、ミラーのような光反射要素を含む。ミラーは、第 1 の事例において、レーザビーム 106 を受け取り、それをディスプレイスクリーン 115 上の第 1 の位置上に送るように構成される。次いで、ミラーは、第 2 の事例において、レーザビーム 106 を受け取り、それをディスプレイスクリーン 105 上の第 2 の位置上に送るように再構成される。このように、ミラーは、ディスプレイスクリーン 115 上の種々の位置上にレーザビーム 106 を送るように動的に構成され得る。一実施形態において、ミラーは、テレビの飛越し走査パターン、又は順次走査パターンのような走査パターンを生成するように動的に構成される。

#### 【0019】

別の例示的な実施形態において、ビーム案内システム 110 は、マイクロミラーのアレイを含む。レーザビーム 106 は、適切な光学コンポーネント（図示せず）によってマイクロミラーのアレイ上に入射するように送られる。各マイクロミラーは、任意の特定の事例において、2つの方向のうち一方を向くように構成される。第 1 の方向に向けられる場合、マイクロミラーは、受光したレーザビームをディスプレイスクリーン 115 上の第 1 の位置の方へ送り、それによりその第 1 の位置にある蛍光体が励起されて、光が放出される。しかしながら、第 2 の方向に向けられる場合、マイクロミラーは、受光したレーザビームをディスプレイスクリーン 115 から離れるように向く方向に送る。従って、上述した第 1 の位置にある蛍光体は、光を放出することができず、それによりダークスポットが形成される。各マイクロミラーは、2つの方向のうち一方を向くように個々に構成され得るので、マイクロミラーのアレイは、明るいスポットとダークスポットのアレイパターンで、ディスプレイスクリーン 115 の方へレーザビームを送る光学スイッチのアレイとして有効に動作する。各スポットは、ディスプレイスクリーン 115 上に表示される結果としての画素化した画像の 1 つのピクセルに対応する。

#### 【0020】

上述した実施形態において、ビーム案内システム 110 は光反射要素を使用するが、代替の実施形態において、ビーム案内システム 110 は光回折要素を使用する。例えば、この代替の実施形態において、回折格子は、レーザビーム 106 を受け取り、ディスプレイスクリーン 115 上に回折パターンを送る。1つの用途において、回折パターンは、ディスプレイスクリーン 115 の全表面を同時に照射する拡散照明を生成する。

#### 【0021】

ディスプレイスクリーン 115 は、上述したレーザビームにより励起される蛍光体層が存在する第 1 の主表面を有する。反対の主表面は、蛍光体により生成された光が観察者の方へと外方に放射する画面である。

#### 【0022】

蛍光体層は、各ピクセルがいくつかのサブピクセルを含む画素化されたパターンに構成される。例えば、一実施形態において、ピクセルは 3 つのサブピクセルを含む。サブピクセルの各々は、蛍光体がレーザビーム 106 により励起された場合に、特定の波長の光を放出するように選択された蛍光体を含む。第 1 のサブピクセルは、レーザビームにより励起された場合に、赤色の光（例えば、約 650 nm の波長）を放出する第 1 の蛍光体を含み、第 2 のサブピクセルは、緑色の光（例えば、約 535 nm の波長）を放出する第 2 の蛍光体を含み、第 3 のサブピクセルは、青色の光（例えば、約 450 nm の波長）を放出する第 3 の蛍光体を含む。

#### 【0023】

レーザビーム 106 が近紫外線波長で動作する場合に使用に適している蛍光体材料のいくつかの例は、1) ほぼ 450 nm の波長で光を放出することにより近紫外線励起に応答する、 $\text{Ru}$  ドープド  $\text{BaMgAl}_{14}\text{O}_{23}$ 、2) ほぼ 500 nm の波長で光を放出することにより近紫外線励起に応答する、 $\text{Ru}$  ドープド  $\text{SrGa}_2\text{S}_4$ 、3) ほぼ 610 nm の波長で光を放出することにより近紫外線励起に応答する、 $\text{Ru}$  ドープド  $\text{Y}_2\text{O}_3$  である。これらの蛍光体は、いくつかの製造業者により商品化されている。例えば、Nantex Industry Corporation は、上述した蛍光体を含むいくつかのタイプの蛍光体を製造する。

## 【0024】

図2は、図1のディスプレイシステム100に任意に使用されるいくつかの追加の要素を示す。これらの追加要素の中で、ビーム特性制御装置205は、レーザビーム106を受け取り、レーザビーム106のビームスプレッド、ビーム伝播方向、ビームの広がり、及びビーム強度のような特定の特性を制御するように構成される。第1の実施形態において、ミラー、レンズ、又は回折格子のような受動要素を用いて、ビーム特性を変更するが、第2の実施形態では、光増幅器、光減衰器、又は光スイッチのような能動要素が代わりに使用される。

## 【0025】

制御システム220を用いて、ビーム特性制御装置205の要素を制御する。例えば、要素が、ミラーのような受動要素の場合、制御システム220は制御ライン206を介して制御信号を提供し、所望の方向にレーザビーム106を送るようにミラーを位置決めする。要素が、能動要素、例えば電気制御式光減衰器である場合、制御システム220は、制御ライン106を介して制御信号を提供し、減衰器の光減衰率を所望の値に設定する。

## 【0026】

また、制御システム220を用いて固体レーザ105を制御する。本発明による一実施形態において、制御システム220は、制御ライン204によって図2において具現化された1つ又は複数の制御ラインを介して双方向制御信号を提供し、固体レーザ105の種々のパラメータを設定、又はモニタする。例えば、第1の方向において、制御ライン204を用いて、所望のレーザ電流を設定するための第1の制御信号、及び固体レーザ105をオン及びオフするための第2の制御信号を供給する。第2の方向において、制御ライン204を用いて固体レーザ105から信号を受信する。これらの信号は、レーザ電流、レーザ温度、及びシステムの故障状態のような種々のパラメータに関連した測定値を提供する。

## 【0027】

制御システム220はさらに、ビーム案内システム110を制御するために使用される。一例において、制御システム220は、制御ライン208を介して制御信号を供給して、ビーム案内システム110のマイクロミラーのアレイを構成する。別の例において、制御システム220は、制御ライン208を介して制御信号を供給して、光スイッチングモジュールの液晶スイッチング要素を構成する。

## 【0028】

制御ライン204、206、及び208に関連した制御信号は、本発明による種々の実施形態において様々な態様で実施される。制御信号のいくつかの例は、アナログ電気信号、デジタル電気信号、光信号、機械的な活性化信号、及び無線信号である。

## 【0029】

ディスプレイインターフェース210は、ビーム案内システム210からレーザビームを受光するように構成され、ディスプレイスクリーン115の方へビームを伝える前に、受光したレーザビームの特定の特性を制御する。例えば、個々に、又は組み合わせて使用される、フィルタスクリーン、回折格子、光拡散板、偏光スクリーン、又は画素化スクリーン格子のような1つ又は複数の要素を使用して、ディスプレイスクリーン115上に衝突する前に、様々なビーム特性を変更する。

## 【0030】

図3は、本発明に従って、固体レーザ105、及びバックライトパネル310を組み込むディスプレイシステム300の第2の例示的な実施形態を示す。バックライトパネル310は、ビーム案内システム110から受け取ったレーザビームにより励起された場合に、ほぼ450nm～650nmの波長範囲の光を放射する蛍光体層が存在する第1の主表面を有する。反対の主表面は、液晶ディスプレイ(LCD)スクリーン315に光学的に結合される。この反対の表面は、観察者がLCDスクリーン315の液晶により生成された画像を見ることを可能にするために、LCDスクリーン315のバックライトとして放射光を提供する。画像は、個々の液晶を構成するイメージドライバシステム(図示せず)

10

20

30

40

50

を用いて生成される。

#### 【 0 0 3 1 】

この例示的な実施形態において、ビーム案内システム 1 1 0 は、ビーム特性制御装置 2 0 5 からレーザービームを受け取り、バックライトパネルの蛍光体層上に適切なパターンでそのビームを送るように構成される。そのパターンは、バックライトパネル 3 1 0 の反対の主表面の全体にわたって均一なレベルの照明を生成するように選択される。第 1 の実施形態において、パターンは、飛越し走査パターン、又は順次走査パターンのような走査パターンに対応し、この場合、レーザービームは蛍光体層上の種々の位置上に連続的に送られる。これらの走査パターンは、他の図面を使用して以下でより詳細に説明される。

#### 【 0 0 3 2 】

本発明による実施形態において、パターンは、バックライトパネルの蛍光体コーティングの全体に同時に投影される拡散光のような非走査パターンである。ビーム案内システム 1 1 0 は、例えば、光回折格子、又は拡散スクリーンの適切な光学部品を利用することにより、レーザービームから拡散光を生成する。

#### 【 0 0 3 3 】

図 4 は、ディスプレイスクリーン 1 1 5 又はバックライトパネル 3 1 0 の蛍光体層のピクセル及びサブピクセルの例示的なアレイ 4 0 0 を示す。この例示的な実施形態において、アレイ 4 0 0 の各ピクセルは、3つのサブピクセルから形成される。例えば、ピクセル 4 0 5 は、赤のサブピクセル 4 5 1、緑のサブピクセル 4 5 2、及び青のサブピクセル 4 5 3 を有する。別の実施形態において、白の光を放射する第 4 のサブピクセルが、3つのサブピクセル 4 5 1、4 5 2、及び 4 5 3 に加えて使用され、画像の輝度を制御するように、ピクセル 4 0 5 の平均放射レベルを強化する。3つのサブピクセル 4 5 1、4 5 2、及び 4 5 3 は、三角形の構成で互いに隣接して示される。他の実施形態において、1つ又は複数のサブピクセルは互いに部分的に重なる。さらに、他の実施形態において、ピクセルは、2つ以上のサブピクセルから形成され得る。

#### 【 0 0 3 4 】

アレイ 4 0 0 は、 $X_1 \sim X_n$  のいくつかの行、及び  $Y_1 \sim Y_n$  のいくつかの列を含み、各行と各列の交点にピクセルが配置された状態で示される。飛越し走査が使用される場合、レーザービームが、奇数番号の行に沿った全ピクセルに当たり、隣接した偶数番号の行を飛び越して、次いで次の奇数番号の行に沿った全ピクセルに当たるように構成される。特に、レーザービームは、最初に行  $X_1$  に当たり、ピクセル 4 0 5 から開始して、行  $X_1$  に沿ったピクセル 4 1 0、4 1 5、及び他のピクセルに順次に当たる。奇数番号の行  $X_1$  の最後のピクセル 4 2 0 に当たった後、レーザービームは偶数番号の行  $X_2$  を飛び越して、引き続き行  $X_3$  のピクセルにピクセル 4 3 0 から開始して当たる。アレイの奇数番号の行の全てが走査された後、レーザービームは、偶数番号の行  $X_2$  の第 1 のピクセル 4 2 5 上に送られる。次いで、レーザービームは偶数番号の行  $X_2$  に沿った全ピクセルに当たり、隣接する奇数番号の行  $X_3$  を飛び越して、偶数番号の行  $X_4$  のピクセルにピクセル 4 4 0 から開始して当たる。偶数番号の行の全てが走査された後、レーザービームは再び奇数番号の行  $X_1$  のピクセル 4 0 5 に戻るように送られ、望み通りに全走査パターンが繰り返される。走査は、許容できる画像品質を提供するように選択された特定の走査速度で行われる。

#### 【 0 0 3 5 】

順次走査が使用される場合、レーザービームが、第 1 の行の全ピクセルに当たり、続いて次の隣接する行の全ピクセルに当たるように構成される。飛越し走査の奇数と偶数の行パターンは、順次走査において使用されない。また、順次走査の速度は一般に、非飛越し走査速度とは異なる。

#### 【 0 0 3 6 】

図 5 は、本発明によるビーム案内システム 1 1 0 の例示的な実施形態を示す。この実施形態において、ミラー 5 0 5 は、固体レーザー 1 0 5 からレーザービームを受け取り、それをディスプレイスクリーン 1 1 5 の方へ送るように配置される。ミラー 5 0 5 は、第 1 の事例において、ディスプレイスクリーン 1 1 5 の蛍光体層上の第 1 の位置に当たるように、

10

20

30

40

50

軸 5 0 1 に沿って光を送るように位置決めされる。ミラー 5 0 5 は、第 2 の事例において、ディスプレイスクリーン 1 1 5 の蛍光体層上の第 2 の位置に当たるように、軸 5 0 2 に沿って光を送るように位置決めされ、第 3 の事例において、ディスプレイスクリーン 1 1 5 の蛍光体層上の第 3 の位置に当たるように、軸 5 0 3 に沿って光を送るように位置決めされる。従って、種々の事例において適切にミラー 5 0 5 を位置決めすることにより、レーザビームは、蛍光体層の種々の位置上に送られ、上述した走査パターンで動作するように構成され得る。

#### 【0037】

ビーム案内システム 1 1 0 及びディスプレイスクリーン 1 1 5 に対して固体レーザ 1 0 5 を直交に配置することにより、ディスプレイシステムは、固体レーザがビーム案内システム及びディスプレイスクリーンと水平に整列して配置されたディスプレイシステムに比べてコンパクトなサイズを有することが可能になる。

10

#### 【0038】

図 6 A は、本発明に従って、ビーム案内システム 1 1 0 の一部であるマウント 6 0 0 の例示的な実施形態の斜視図を示す。ミラー 6 0 5 は、回転可能プラットフォーム 6 1 0 上に取り付けられる。ミラー 6 0 5 の反射主表面は、入射レーザビーム（図示せず）を、回転可能プラットフォーム 6 1 0 の主表面に平行な方向に反射するように配向されている。波線 6 1 5 により示されるように双方向に回転可能である回転可能プラットフォーム 6 1 0 は、傾斜可能プラットフォーム 6 2 5 上に配置される。回転可能シャフト 6 2 0 が傾斜可能プラットフォーム 6 2 5 を横断し、傾斜可能プラットフォーム 6 2 5 の傾斜角を調整するように動作可能である。回転可能シャフト 6 2 0 は、波線 6 3 0 により示されたように、双方向に回転可能である。

20

#### 【0039】

回転可能シャフト 6 2 0 及び回転可能プラットフォーム 6 1 0 は、所望の方向に入射レーザビームを反射するためにそれぞれ、投射の所望の鉛直角（vertical angle）、及び投射の所望の外側角を設定するように動作される。これは、図 6 B 及び図 6 C を用いてさらに説明される。

#### 【0040】

図 6 B は、投影の所望の鉛直角を設定することを説明するためのマウント 6 0 0 の側面図を示す。回転可能シャフト 6 2 0 が第 1 の位置に設定される場合、入射レーザビームは、この例において基準軸 6 0 1 と呼ばれる軸に沿って反射される。回転可能シャフト 6 2 0 が第 2 の位置に設定される場合、入射レーザビームは、基準軸 6 0 1 に対して投影の鉛直角 6 0 3 を有する第 2 の軸 6 0 2 に沿って反射される。同様に、回転可能シャフト 6 2 0 は、投影の種々の鉛直角でレーザビームを反射するように位置決めされ得る。

30

#### 【0041】

図 6 C は、投影の所望の外側角を設定することを説明するためのマウント 6 0 0 の上面図を示す。回転可能プラットフォーム 6 1 0 が第 1 の位置に設定される場合、入射レーザビームは、この例において基準軸 6 0 6 と呼ばれる軸に沿って反射される。回転可能プラットフォーム 6 1 0 が第 2 の位置に設定される場合、入射レーザビームは、基準軸 6 0 6 に対して投影の外側角 6 0 4 を有する第 2 の軸 6 0 7 に沿って反射される。同様に、プラットフォーム 6 1 0 は、投影の種々の外側角でレーザビームを反射するように位置決めされ得る。

40

#### 【0042】

図 7 は、本発明に従って、複数の固体レーザ、複数のビーム案内システム、及び単一のディスプレイスクリーンを組み込むディスプレイシステム 7 0 0 の例示的な実施形態を示す。この例示的な実施形態において、第 1 の固体レーザ 7 1 0 は、ミラー 7 0 5 のような反射要素から形成された第 1 のビーム案内システム上に送られるレーザビーム 7 1 1 を生成する。ミラー 7 0 5 は、レーザビームを反射することにより、レーザビームをディスプレイスクリーン 7 5 0 の方へ送る。反射されたレーザビーム 7 1 2 は、ディスプレイスクリーン 7 5 0 の蛍光体層上に入射する。特に、反射されたレーザビーム 7 1 2 は、3つの

50



サブピクセル 741、742、及び 743 からなる第 1 のピクセルに当たる。反射されたレーザービーム 712 は、連続してサブピクセル 741、742、及び 743 の各々に当たり、例えば、複合の赤－緑－青（RGB）ピクセルを生成する。

【0013】

固体レーザー 720 は、ミラー 715 のような第 2 の反射要素から形成された第 2 のビーム案内システム上に送られるレーザービーム 721 を生成する。ミラー 715 は、レーザービームを反射することにより、レーザービームをディスプレイスクリーン 750 の方へ送る。反射されたレーザービーム 722 は、ディスプレイスクリーン 750 の蛍光体層上に入射する。特に、反射されたレーザービーム 722 は、3 つのサブピクセルからなる第 2 のピクセルに当たる。反射されたレーザービーム 722 は、連続してサブピクセルの各々に当たり、例えば、複合の赤－緑－青（RGB）ピクセルを生成する。

10

【0044】

同様に、固体レーザー 730 及びミラー 725 は、ディスプレイシステム 700 の複数の要素のうち「n 番目」の要素を表す。

【0045】

本発明によるこの例示的な実施形態において、固体レーザー 710、720、及び 730 は、同一の動作波長を有する。代替の実施形態において、固体レーザー 710、720、及び 730 のそれぞれは、異なる動作波長を有する。異なる動作波長は、約 330 nm～約 440 nm の波長範囲で選択される。さらに別の実施形態において、複数のビーム案内システムは、ミラー以外の反射要素で実現される。例えば、各ビーム案内システムは、液晶空間変調器を用いて実現される。これらの液晶空間変調器のいくつかは、単一の統合型パッケージ内に収容され得る。

20

【0046】

図 8 は、本発明に従って、単一の固体レーザー 105、単一のディスプレイスクリーン 115、及び複数の反射要素を有するビーム案内システム 110 を組み込むディスプレイシステム 800 の例示的な実施形態を示す。固体レーザー 105 は、ビーム案内システム 110 内に包含されたそれぞれのミラーに当たるように送られるレーザービームを生成する。本発明による実施形態において、レーザービームは、全ミラーに同時に当たる。係る実施形態は、図 2 に関連して上述したビーム特性制御装置 205 に配置された拡散板要素を用いて実現される。一実施形態において、固体レーザー 105 は、ビーム案内システム 110 内に包含されたそれぞれのミラー上に連続パターンでレーザービームを投影するために、多数の位置にわたって動的に移動する。

30

【0047】

本発明によるビーム案内システム 110 の例示的な実施形態において、マイクロミラーのアレイを包含する微小電子機械システム（MEMS）を用いて、図 8 のミラーを実現する。マイクロミラーのアレイを包含する市販のデバイスは、Texas Instruments から入手可能である。デジタルマイクロミラーデバイス（Digital Micro-mirror Device: DMD）と呼ばれる場合もある、係るデバイスは、当該技術分野で知られており、デジタルライトプロジェクション（Digital Light Projection: DLP）のイメージング用途に広く使用されている。この例示的な実施形態において、マイクロミラーの数は、ディスプレイスクリーン 115 上に表示される画像に存在するピクセルの数に対応する。

40

【0048】

マイクロミラー 805 は、ディスプレイスクリーン 115 上に位置するピクセル上へレーザービームを送るように構成される。ピクセルは、複数のサブピクセルからなり、マイクロミラー 805 は、連続パターンでこれら複数のサブピクセルのそれぞれ上へレーザービームを送る。

【0049】

図 9 は、単一の固体レーザー 105、単一のディスプレイスクリーン 115、及びマイクロミラーのアレイを有するビーム案内システム 110 を組み込むディスプレイシステム 900 の実施形態を示す。この実施形態において、各マイクロミラーは、1 つのタイプのサ

50

ブピクセルのみの上へレーザビームを送ることに捧げられる。例えば、マイクロミラー 970 は、1つの赤サブピクセル 971 上にレーザビームを送るが、マイクロミラー 975 は1つの緑サブピクセル 976 上にレーザビームを送り、マイクロミラー 980 は1つの青サブピクセル 981 上にレーザビームを送る。この例示的な実施形態において、マイクロミラーの数は、ディスプレイスクリーン 115 上に表示される画像に存在するサブピクセルの数に対応する。

#### 【0050】

本発明による他の実施形態において、ビーム案内システム 110 は、液晶空間変調器のアレイを用いて実現される。複数の液晶空間変調器は、単一の統合型パッケージ内に収容され得る。

#### 【0051】

図 10 は、本発明に従って、単一の固体レーザ 105、単一のディスプレイスクリーン 115、並びにビームスプレッダ 912 及び光スイッチングモジュール 913 内に収容された複数のビーム案内要素を有するビーム案内システム 110 を組み込みディスプレイシステム 910 の例示的な実施形態を示す。ビーム案内システム 110 は、図面に関連して上述された他の実施形態で説明されたような反射要素のアレイを使用していない。代わりに、光透過制御要素のアレイが使用される。光透過制御要素のいくつかの例は、光変調器、光スイッチ、及び光減衰器である。

#### 【0052】

光スイッチングモジュール 913 は、LCD モジュールであり、光スイッチング要素のそれぞれは、液晶である。第 1 のスイッチング構成において、各液晶により、固体レーザ 105 により生成されたレーザビームが、ディスプレイスクリーン 115 の方へ伝わる事が可能となり、これによりディスプレイスクリーン 115 上に明るいピクセル (light pixel) が生成される。第 2 のスイッチング構成において、各液晶は、固体レーザ 105 により生成されたレーザビームを阻止してディスプレイスクリーン 115 の方へ伝わる事が妨げられ、これによりディスプレイスクリーン 115 上にダークピクセルが生成される。ディスプレイスクリーン 115 は一般に、最大の光学的結合を容易にするために、ビーム案内システム 110 に接近して配置される。

#### 【0053】

上述した実施形態は、本開示の原理を明確に理解するためだけに説明されている。多数の変形形態及び修正形態が、本開示から実質的に逸脱することなく行われることができ、当業者には明らかになるであろう。係る修正形態及び変形形態の全ては、本明細書において本開示の範囲内に含まれる。

#### 【0054】

以下においては、本発明の種々の構成要件の組み合わせからなる例示的な実施形態を示す。

#### 1. 第 1 の蛍光体サブピクセルを含むディスプレイスクリーンと、

約 330 nm ~ 約 440 nm の動作波長範囲における第 1 の動作波長のレーザビームを生成するように動作可能な第 1 の固体レーザと、

前記第 1 の固体レーザからレーザビームを受け取り、前記第 1 の蛍光体サブピクセル上にレーザビームを送るように動作可能であり、その結果として前記第 1 の蛍光体サブピクセルが約 450 nm ~ 約 650 nm の波長範囲における第 1 の色の光を放出するように励起される、第 1 のビーム案内システムとを含む、ディスプレイシステム。

#### 2. 前記第 1 の動作波長が約 405 nm である、上記 1 に記載のディスプレイシステム。

3. 前記第 1 の固体レーザが、 $(Al_x In_{1-x})_y Ga_{1-y} N$  からなる端面発光型デバイスであり、ここで、 $1 \geq x > 0$ 、及び  $1 \geq y > 0$  である、請求項 2 に記載のディスプレイシステム。

4. 前記第 1 の色が、a) 約 650 nm の波長を有する赤色、b) 約 535 nm の波長を有する緑色、及び c) 約 450 nm の波長を有する青色の 1 つである、上記 3 に記載のディスプレイシステム。

10

20

30

40

50

5. 前記ディスプレイスクリーンが第2の蛍光体サブピクセルを含み、

約330nm～約440nmの動作波長範囲における第2の動作波長のレーザビームを生成するように動作可能な第2の固体レーザと、

前記第2の固体レーザからレーザビームを受け取り、前記第2の蛍光体サブピクセル上にレーザビームを送るように動作可能であり、その結果として前記第2の蛍光体サブピクセルが約450nm～約650nmの波長範囲における第2の色の光を放出するように励起される、第2のビーム案内システムとをさらに含む、上記3に記載のディスプレイシステム。

6. 前記第1の動作波長が前記第2の動作波長と同じである、上記5に記載のディスプレイシステム。

10

7. 前記第1の色が前記第2の色と同じであり、

前記第1のビーム案内システムが前記第2のビーム案内システムと同じである、請求項6に記載のディスプレイシステム。

8. 前記第1のビーム案内システムが微小電子機械システム(MEMS)を含む、上記1に記載のディスプレイシステム。

9. 前記第1のビーム案内システムが、a) 光反射要素、及びb) 光透過制御要素の一方を含む、上記8に記載のディスプレイシステム。

10. 第1の事例において、光を前記第1の蛍光体サブピクセル上に送るために、前記光反射要素を第1の位置に設定し、第2の事例において、光を前記第2の蛍光体サブピクセル上に送るために、前記光反射要素を第2の位置に設定するように動作可能な制御システムをさらに含む、上記9に記載のディスプレイシステム。

20

11. 前記制御システムが、前記第1の固体レーザをオンすること、及びb) 前記光反射要素がa) 前記第1の位置、及びb) 前記第2の位置の一方にある場合に、前記第1の固体レーザをオフすることの一方を行うようにさらに動作可能である、上記10に記載のディスプレイシステム。

12. 前記第1の蛍光体サブピクセルが、前記ディスプレイスクリーンの第1の水平軸上に配置され、前記第2の蛍光体サブピクセルが前記ディスプレイスクリーンの第2の水平軸上に配置されている、上記5に記載のディスプレイシステム。

13. 前記第1の水平軸が前記第2の水平軸と同じである、上記12に記載のディスプレイシステム。

30

14. 液晶ディスプレイスクリーンと、

蛍光体コーティングを含み、前記液晶ディスプレイスクリーンにバックライト照明を提供するように動作可能なバックライトパネルと、

約330nm～約440nmの動作波長範囲における第1の動作波長のレーザビームを生成するように動作可能な固体レーザと、

前記固体レーザからレーザビームを受け取り、前記バックライトパネルの蛍光体コーティング上に走査パターンでレーザビームを送るように動作可能であり、その結果として前記蛍光体コーティングが約450nm～約650nmの波長範囲における第1の色の光を放出するように励起される、ビーム案内システムとを含む、ディスプレイシステム。

15. 前記走査パターンが、a) 飛越し走査パターン、及びb) 順次走査パターンの一方からなる、上記14に記載のディスプレイシステム。

40

16. 第1の蛍光体サブピクセルを含むディスプレイスクリーンを準備し、  
固体レーザを準備し、

約330nm～約440nmの動作波長範囲における第1の動作波長のレーザビームを生成するように前記固体レーザを構成し、

前記第1の蛍光体サブピクセル上に当たるようにレーザビームを送り、その結果として前記第1の蛍光体サブピクセルが約450nm～約650nmの波長範囲における第1の色の光を放出するように励起されることを含む、画像を表示する方法。

17. 前記第1の蛍光体サブピクセル上に当たるようにレーザビームを送ることが、a) レーザビームを選択的に反射すること、及びb) レーザビームの透過を選択的に制御する

50

ことの方からなる、上記 16 に記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図 1】本発明によるいくつかの例示的な要素である、固体レーザ、ビーム案内システム、及びディスプレイスクリーンを組み込むディスプレイシステムの第 1 の例示的な実施形態を示す図である。

【図 2】図 1 のディスプレイシステムのいくつかの追加の要素を示す図である。

【図 3】固体レーザ、及び液晶ディスプレイ（LCD）のスクリーンに関連するバックライトパネルを組み込むディスプレイシステムの第 2 の例示的な実施形態を示す図である。

【図 4】図 1 のディスプレイスクリーン、又は図 3 のバックライトパネルに包含される例示的なピクセル及びサブピクセルのアレイを示す図である。

10

【図 5】図 1 のビーム案内システムの第 1 の例示的な実施形態を示す図である。

【図 6 A】図 1 のビーム案内システムの一部であるマウントの例示的な実施形態の斜視図である。

【図 6 B】図 6 A のマウントの側面図である。

【図 6 C】図 6 A のマウントの上面図である。

【図 7】複数の固体レーザを組み込むディスプレイシステムの例示的な実施形態を示す図である。

【図 8】単一の固体レーザ、及び複数の案内要素を有するビーム案内システムを組み込むディスプレイシステムの別の例示的な実施形態を示す図である。

20

【図 9】単一の固体レーザ、及び複数の案内要素を有するビーム案内システムを組み込むディスプレイシステムのさらに別の例示的な実施形態を示す図である。

【図 10】図 1 のビーム案内システムの第 2 の例示的な実施形態を包含するディスプレイシステムを示す図である。

【符号の説明】

【0056】

100、300、700、800、900、910 ディスプレイシステム

105 固体レーザ

110 ビーム案内システム

115 ディスプレイスクリーン

310 バックライトパネル

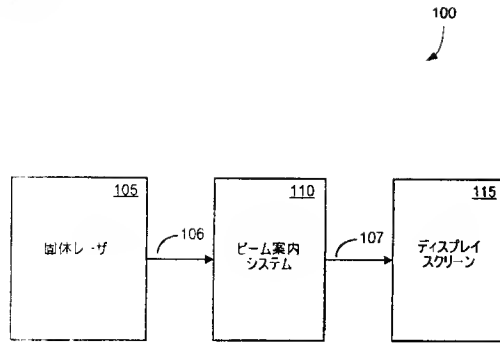
315 LCD スクリーン

405～440 ピクセル

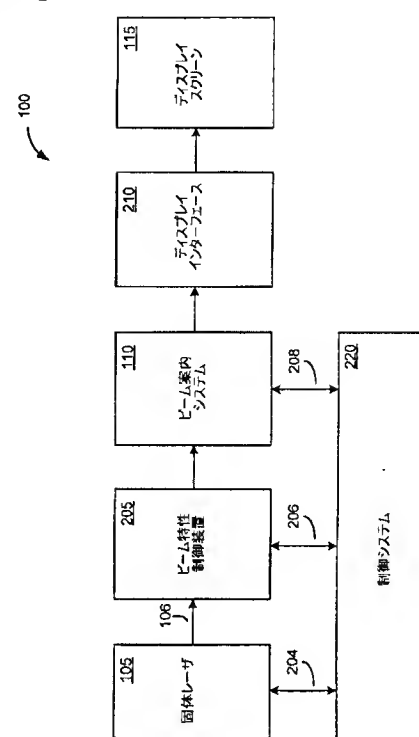
451～453 サブピクセル

30

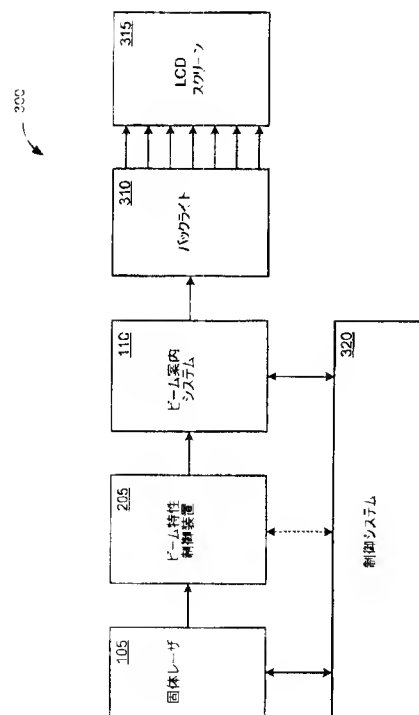
【 図 1 】



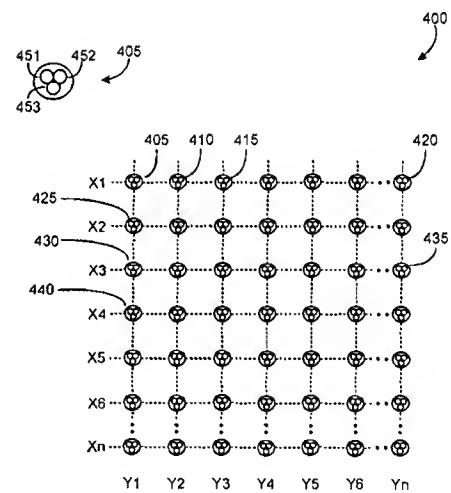
【図 2】



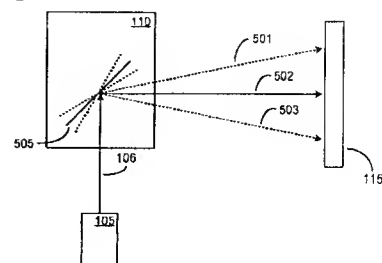
【图 3】



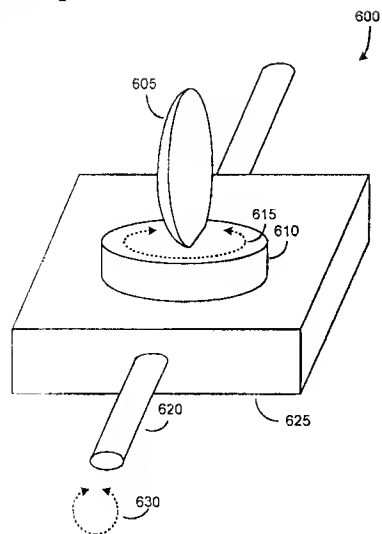
【 図 4 】



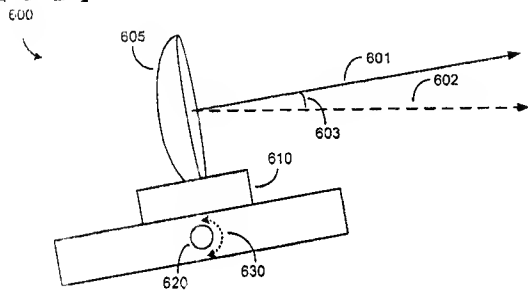
【图 5】



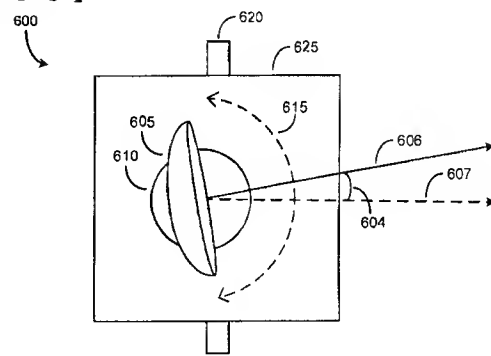
【図 6 A】



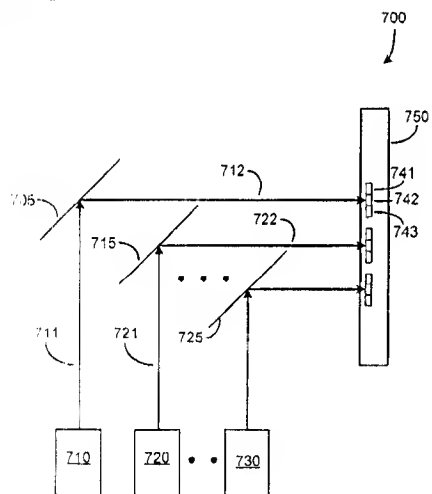
【図 6 B】



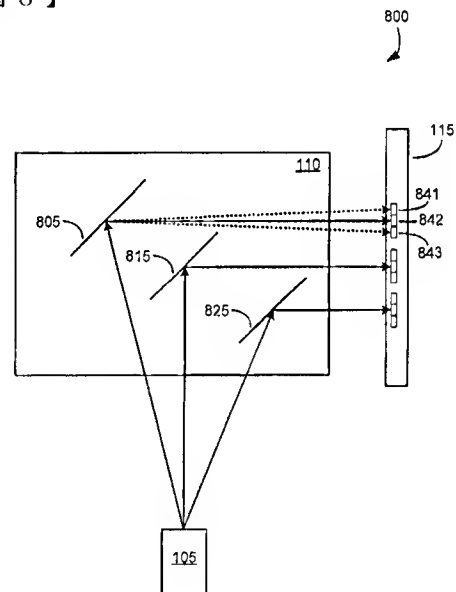
【図 6 C】



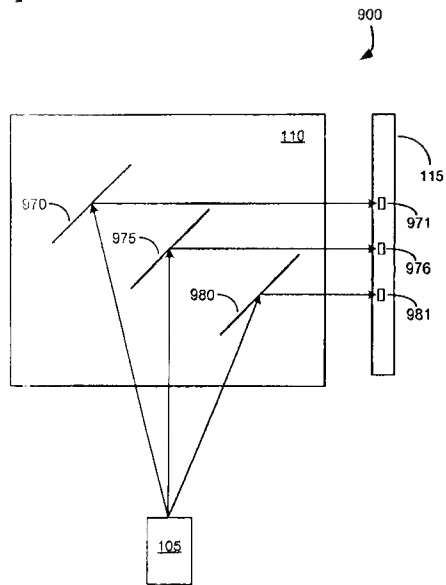
【図 7】



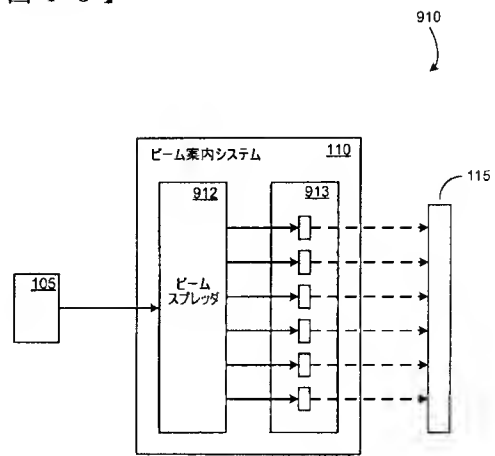
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 9 G 3/34 (2006.01)	G 0 9 G 3/34 J	
G 0 9 G 3/20 (2006.01)	G 0 9 G 3/20 6 2 2 N	
	G 0 9 G 3/20 6 2 2 R	

(72)発明者 スティーブン・ディー・レスター

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 3 0 6, パロアルト, マタデロ・アベニュー・8 2 9

(72)発明者 デイビッド・ピー・ボール

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 5 0 1 4, クパティーノ, ベル・エイル・コート・1 1 0 9 2

(72)発明者 スコット・ダブリュー・コーザイン

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 0 8 7, サニーベイル, イグレット・ドライブ・1 3 5 4

F ターム(参考) 2H041 AA14 AA18 AB14 AZ05

5C006 AA22 AC29 AC30 BB11 BB29 BD01 EA01

5C080 AA01 AA10 BB05 CC03 DD03 DD26 EE29 EE30 FF14 JJ02

JJ06

5F173 MA10 MF10 MF28 MF40



## DISPLAY DEVICE

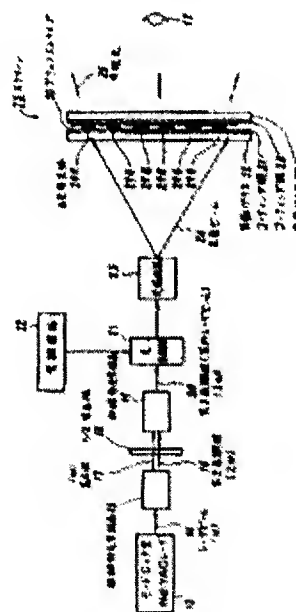
**Patent number:** JP2199975  
**Publication date:** 1990-08-08  
**Inventor:** KUBOTA SHIGEO; OGAWA MASATAKA; OKA MICHIO;  
 KIKUCHI MASAHIRO  
**Applicant:** SONY CORP  
**Classification:**  
 - international: **G03B21/60; G03B21/62; G09F9/00; H04N5/74;  
 H04N9/31; G03B21/60; G03B21/62; G09F9/00;  
 H04N5/74; H04N9/31; (IPC1-7): G03B21/60;  
 G03B21/62; G09F9/00; H04N5/74; H04N9/31**  
 - european:  
**Application number:** JP19890018734 19890127  
**Priority number(s):** JP19890018734 19890127

Report a data error here

### Abstract of JP2199975

**PURPOSE:**To improve the brightness of the screen by arranging a rear plate transmitting an ultraviolet ray but reflecting a visual light onto a fluorescent substance coated face of a screen of a display device of fluorescent substance stimulation type having a large screen such as 60 inches or over.

**CONSTITUTION:**A rear plate 32 transmitting an ultraviolet ray 20 and reflecting a visual light 26 is arranged on a phosphor coated face of a screen 25. Thus, the visual light radiating toward the rear plate 32 among visual lights radiating from phosphors 29R, 29G and 29B by stimulation of an ultraviolet ray laser beam 20 is reflected in the rear plate 32 in the direction of a base 27. Then the light transmits through the base 27 and radiates externally. Thus, even when the input power to laser light sources 13, 15, 18 and 19 and the laser power of the ultraviolet ray laser beam 20 are the same as those of a conventional device, the brightness of the screen 25 is twice that of the conventional device.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

## ⑫ 公開特許公報(A)

平2-199975

⑤Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬公開 平成2年(1990)8月8日

H 04 N 5/74  
G 03 B 21/60  
21/62  
G 09 F 9/00  
H 04 N 5/74  
9/31

3 6 0

H 7605-5C  
Z 8004-2H  
8004-2H  
N 6422-5C  
C 7605-5C  
C 7033-5C

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭発明の名称 ディスプレイ装置

⑮特 願 平1-18734

⑯出 願 平1(1989)1月27日

⑰発明者 久保田 重夫 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
⑰発明者 小川 正孝 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
⑰発明者 岡 美智雄 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
⑰発明者 菊地 正博 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
⑰出願人 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
⑰代理人 弁理士 松隈 秀盛

## 明 細 書

発明の名称 ディスプレイ装置

## 特許請求の範囲

紫外レーザービームを発生するレーザー光源装置と、上記紫外レーザービームを変調する光変調器と、可視光を透過させる基板上に蛍光体を被着してなるスクリーンと、上記変調された紫外レーザービームを上記スクリーンの蛍光体被着面上に2次元的に走査する光偏向器とを有し、上記スクリーンの蛍光体を上記変調された紫外レーザービームで順次励起して可視光を得るようにしたディスプレイ装置において、

上記スクリーンの蛍光体被着面上に紫外光を透過させて可視光を反射する背面板を配したことを特徴とするディスプレイ装置。

## 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

本発明は、例えば60インチ以上の大画面を有する蛍光体励起型のディスプレイ装置に関する。

## 〔発明の概要〕

本発明は、例えば60インチ以上の大画面を有する蛍光体励起型のディスプレイ装置に関し、紫外レーザービームを発生するレーザー光源装置と、その紫外レーザービームを変調する光変調器と、可視光を透過させる基板上に蛍光体を被着してなるスクリーンと、その変調された紫外レーザービームをそのスクリーンの蛍光体被着面上に2次元的に走査する光偏向器とを有し、そのスクリーンの蛍光体をその変調された紫外レーザービームで順次励起して可視光を得るようにしたディスプレイ装置において、そのスクリーンの蛍光体被着面上に、紫外光を透過させて可視光を反射する背面板を配したことにより、従来よりも2倍程度以上画面が明るくなるようにしたものである。

## 〔従来の技術〕

テレビジョン受像機等においては、大型画面で臨場的且つ迫力のある映像を視聴者に提供するために、より大画面のディスプレイ装置が求められ

ている。

この場合、カラー陰極線管を大型化する方法では、電子間の反発効果により輝度を上げようとすると解像度が劣化すること及び大型の真空管の製造が困難であることにより、現状では45インチ程度の画面が限界である。

また、スクリーン上に赤色、緑色及び青色の3本のレーザビームを同期して直接走査することにより大画面のカラー画像を得るようにした直接走査型のレーザディスプレイ装置も提案されているが、このような直接走査型のレーザディスプレイ装置には

- ① レーザビームがコヒーレントであることに起因してスクリーン上に所謂スペckル・ノイズが観測され画面がちらつく、及び
- ② スクリーンに残光特性が無いことに起因して画面が暗い

という大きな欠点がある。

これに対して、紫外域のレーザビームを蛍光体を被着してなるスクリーン上に2次元的に走査し

第2図例の蛍光体励起型のディスプレイ装置によれば、コヒーレント光である紫外レーザビーム(3)がインコヒーレント光である可視光(11a)に変換されていると共に、蛍光体(10)には残光特性があるので、直接走査型のレーザディスプレイ装置における上述の①及び②の欠点が克服されている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、第2図例の従来の蛍光体励起型のディスプレイ装置では、スクリーン(9)を大型化して60インチ程度(対角線長さ略1.5m、面積略1㎡)の大画面を得ようとする、エネルギー変換効率が極めて悪い、ため通常許容できる入力電力では画面が極度に暗い不都合がある。

これを定量的に考察するに、一般に明るい室内で明瞭に見られる画面の輝度は100fL(フットランパート)であるが、何とか見られる程度の輝度である50fLの輝度をそのスクリーン(9)上で得るものとする。この場合、1fLの輝度は1lm(ルーメン)の光束が1ft<sup>2</sup>(平方フィート)の完全拡散

てその蛍光体を順次励起し、その蛍光体から発光される可視光を視聴者に送出するようにした蛍光体励起型のディスプレイ装置が知られている。

第2図は例えば特開昭53-21944号公報において開示されている従来の蛍光体励起型のディスプレイ装置を示し、この第2図において、(1)は発振波長351nmのA<sub>r</sub>(アルゴン)レーザ発振器等の紫外線レーザ発生器、(2)は電源であり、レーザ発生器(1)により生成された紫外レーザビーム(3)は光変調器(4)に入射される。(5)は変調電気信号を光変調器(4)に送出する信号器を示し、その変調電気信号に応じてその光変調器(4)の中で強度変調された紫外レーザビーム(3)は光偏向器(6)によって例えば水平及び垂直方向に2次元的に走査される。この走査された紫外レーザビーム(3)は2枚のミラー(7)及び(8)を介して最終的に蛍光体(10)を塗布したスクリーン(9)の蛍光体面を順次2次元的に走査するので、その蛍光体(10)からは前方及び後方に夫々可視光(11a)及び(11b)が放射される。そして、前方に放射される可視光(11a)が視聴者(12)に達する。

面に入射したときに得られる輝度として定義されるから、そのスクリーン(9)上での光束をP、輝度をB及び面積をS[ft<sup>2</sup>]とすると、

$$B = P / S \quad \dots\dots(1)$$

が成立する。60インチの画面では $S \approx 1 \text{ m}^2 = 10.75 \text{ ft}^2$ であり、また、 $B = 50 \text{ fL}$ と仮定されているので、式(1)より、

$$\text{光束 } P = 538 [\text{lm}] \quad \dots\dots(2)$$

となる。更に、スクリーン(9)に塗布された蛍光体(10)のランプ効率(出力光束/入力パワー、即ち $\text{lm}/\text{W}$ )を $124 \text{ lm}/\text{W}$ と仮定すると、式(2)で表現される光束を得るためには入力するレーザパワーLの値は

$$\text{レーザパワー } L = 538 / 124 \approx 4.3 [\text{W}] \quad \dots\dots(3)$$

になる。また、第2図例においては紫外線レーザ発振器(1)として例えば発振波長351nmのA<sub>r</sub>レーザ発振器が使用されているが、このA<sub>r</sub>レーザ発振器の入力電力に対するその波長351nmへの発振効率は略0.01%に過ぎない。従って、式(3)のレーザパワーLを得るためにそのA<sub>r</sub>レーザ発振器に

供給する入力電力  $I_N$  は

$$\text{入力電力 } I_N = 4.3 / 0.0001 [W] = 43 [kW] \quad \dots (4)$$

となる。この値  $43 kW$  の入力電力  $I_N$  は、通常の家庭用テレビジョン受像機の入力電力（略  $100 W$ ）の  $430$  倍であり、とても一般家庭において賄える電力ではない。逆に、その入力電力  $I_N$  の値を一般家庭において賄える程度の例えば  $1 kW$  に設定すればスクリーン(9)の輝度  $B$  は  $1/40$  程度となり、画面が極度に暗くなる不都合がある。

本発明は斯かる点に鑑み、従来と同じ入力電力に対して従来よりも明るい画面が得られるより実用的なディスプレイ装置を提案することを目的とする。

#### 〔課題を解決するための手段〕

本発明によるディスプレイ装置は例えば第1図に示す如く、紫外レーザービーム(20)を発生するレーザー光源装置(13)、(15)、(18)、(19)と、その紫外レーザービーム(20)を変調する光変調器(21)と、可視光(26)を透過させる基板(27)上に蛍光体(29R)、

ーン(25)上での画面の明るさは従来の2倍になる。

#### 〔実施例〕

以下、本発明によるディスプレイ装置の一実施例につき第1図を参照して説明しよう。本例は60インチの大画面のテレビジョン受像機に本発明を適用したものである。

第1図は本例のテレビジョン受像機を示し、この第1図において、(13)はフラッシュランプ励起方式又はレーザーダイオード励起方式のモードロック型Nd:YAG（ネオジウム：ヤグ）レーザー発振器であり、このモードロック型Nd:YAGレーザー発振器(13)は波長  $\lambda$  が  $1.064 \mu m$ （角周波数を  $\omega$  とする。）の赤外域のレーザービーム(14)を200MHz以上のパルス点灯で生成する。このレーザービーム(14)を例えばKTP（チタノリン酸カリKTiPO<sub>4</sub>）より成る第1の非線形光学結晶(15)に入力して、角周波数  $2\omega$  の第2高調波(16)及び角周波数  $\omega$  の基本波(17)を生成する。そして、 $1/2$ 波長板(18)によってその第2高調波(16)の偏光面を90°回転させてそ

(29G)、(29B)を被着してなるスクリーン(25)と、その変調された紫外レーザービーム(20)をそのスクリーン(25)の蛍光体被着面上に2次元的に走査する光偏向器(23)とを有し、そのスクリーン(25)の蛍光体(29R)、(29G)、(29B)をその変調された紫外レーザービーム(20)で順次励起して可視光(26)を得るようにしたディスプレイ装置において、そのスクリーン(25)の蛍光体被着面上に紫外光(20)を透過させて可視光(26)を反射する背面板(32)を配したものである。

#### 〔作用〕

斯かる本発明によれば、蛍光体(29R)、(29G)、(29B)より紫外レーザービーム(20)による励起によって放射される可視光の中で、背面板(32)の方向に放射される可視光はその背面板(32)から基板(27)の方向に反射され、その基板(27)を透過して外部へ放射される。従って、レーザー光源装置(13)、(15)、(18)、(19)への入力電力及び紫外レーザービーム(20)のレーザーパワーが従来と同じでも、スクリ

の第2高調波(16)を基本波(17)と混合した後、それら混合した第2高調波(16)及び基本波(17)を例えば $\beta$ -BBO（ $\beta$ -バリウムボーレイト）より成る第2の非線形光学結晶(19)に入力して和周波数信号発生により角周波数  $3\omega$  の第3高調波(20)を発生する。この第3高調波(20)の波長  $\lambda_3$  は

$$\lambda_3 = \lambda / 3 = 355 [nm] \quad \dots (5)$$

となるので、この第3高調波(20)を本例の紫外レーザービームとして使用する。この場合、赤外域のレーザービーム(14)のレーザーパワー  $L_1$  と生成される紫外レーザービーム(20)のレーザーパワー  $L_3$  との比は実験的に

$$L_3 / L_1 \approx 0.05 = 5 [\%] \quad \dots (6)$$

であることが確かめられた。また、Nd:YAGレーザー発振器(13)の入力電力  $I_N$  に対する発振波長が  $1.064 \mu m$  のレーザービーム(14)のレーザーパワーの割合である発振効率は、フラッシュランプ励起型で略2%、レーザーダイオード励起型で略40%である。従って、式(6)より入力電力  $I_N$  に対する紫外レーザービーム(20)のレーザーパワー  $L$  の比  $L / I_N$

は、フラッシュランプ励起型のNd:YAGレーザ(13)を用いた場合には

$$L/IN \approx 0.02 \times 0.05 = 0.1 [\%] \quad \dots\dots (7)$$

となり、レーザダイオード励起型のNd:YAGレーザ(13)を用いた場合には

$$L/IN \approx 0.4 \times 0.05 = 2 [\%] \quad \dots\dots (8)$$

となる。従って、従来のA<sub>1</sub>レーザ発振器の発振効率の略0.01%に対して1桁〜2桁も改善されていることが分かる。

第1図において、その紫外レーザビーム(20)を光変調器(21)に入力する。(22)は変調回路であり、この変調回路(20)はテレビジョン信号の複合映像信号より分離した赤信号R、緑信号G及び青信号Bを図示省略した受光素子等より得られる同期信号に同期して時分割しながら光変調器(21)に供給する。そして、その光変調器(21)において赤信号R、緑信号G及び青信号Bで時分割的に強度変調された紫外レーザビーム(20)を例えば複数のガルバノミラー又は複数のポリゴンミラーより成る光偏向器(23)に入力して、その光偏向器(23)でその

紫外レーザビーム(20)を複合映像信号より抽出した水平同期信号及び垂直同期信号に同期させて2次元的に走査して走査ビーム(24)を形成する。尚、光変調器(21)は例えば音響光学効果素子や電気光学効果素子により構成できる。

(25)は所謂ビームインデックス方式で60インチ(対角線長さ1.5m、面積略1㎡)のスクリーンを示し、このスクリーン(25)は基本的には前面ガラス(27)に赤色蛍光体(29R)、緑色蛍光体(29G)及び青色蛍光体(29B)を夫々第1図の紙面に垂直な方向に所定ピッチで交互にストライプ状に塗布した後、その蛍光体塗布面に背面ガラス(32)を被着して形成する。そして、その前面ガラス(27)の蛍光体塗布面側には予め、例えばダイクロックコーティングによって紫外光を反射して可視光を透過するコーティング膜(28)を形成しておき、それら三種類の蛍光体(29R)、(29G)及び(29B)の夫々の中間部にはブラックストライプ(30)を形成する。一方、背面ガラス(32)のその前面ガラス(27)との被着面には予め、例えばダイクロックコーティング

によって紫外光を透過して可視光を反射するコーティング膜(31)を形成しておく。

前面ガラス(27)としては通常の青板ガラス等が使用でき、背面ガラス(32)としては白板ガラス等が使用できる。その背面ガラス(32)は紫外線を透過する材質より形成しなければならないが、一般に波長が300nm以下の紫外光を透過するのは高価な石英ガラス等に限定されるのに対して、波長が300nmを超える紫外光を透過するものには安価な白板ガラス等がある。従って、本例のように波長が300nm以上の紫外光を使用する場合には、背面ガラス(32)が安価に製造できる利益がある。

第1図において、複合映像信号より分離した水平同期信号に同期して光偏向器(23)によって走査ビーム(24)をスクリーン(25)に対して第1図の紙面に平面な方向に走査すると共に、複合映像信号より分離した垂直同期信号に同期してその走査ビーム(24)をスクリーン(25)に対して第1図の紙面に垂直な方向に走査する。この場合、走査ビーム(24)は光変調器(21)によって赤信号R、緑信号G

及び青信号Bに対応して点順次に強度変調されているので、その前面ガラス(27)に塗布された蛍光体(29R)、(29G)、(29B)より発光する可視光(26)によって視聴者(12)はカラー画像を觀賞することができる。特に、本例においては背面ガラス(32)側に紫外光を透過して可視光を反射するコーティング膜(31)が形成されているので、蛍光体(29R)、(29G)、(29B)より発光された可視光は背面ガラス(32)側に透過することがなく全て視聴者(12)の方向に可視光(26)として伝えられるので、従来よりも少なくとも2倍は画面が明るくなる利益がある。

次に、本例のテレビジョン受像機において、スクリーン(25)上で何とか見られる程度の輝度である50fL(フットランバート)の輝度、即ち光束では538ℓm(式(2)参照)を達成するために必要なモードロック型Nd:YAGレーザへの入力電力INを見積る。その前提として、前面ガラス(27)に塗布する赤色蛍光体(29R)、緑色蛍光体(29G)及び青色蛍光体(29B)の材質としては夫々Y(P,V)O<sub>4</sub>;E<sub>u</sub><sup>3+</sup>(B<sub>i</sub><sup>3+</sup>)、Y<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce<sup>3+</sup>、Tb<sup>3+</sup>及び

B<sub>2</sub>Mg<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>を選択する。尚、赤色蛍光体(29R)としては3.5MgO・0.5MgF<sub>2</sub>・G<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Mn<sup>2+</sup>等も使用できる。これらの蛍光体の量子効率(変換効率)及びランプ効率(出力光束/入力パワー、即ちlm/W)は第1表の如くなる。尚、第1表の例ではスクリーン(25)でのゲインがないのでスクリーンゲインは1倍とした。

第1表(スクリーンゲイン=1)

	量子 効率	ランプ効率 (lm/W)	レーザー パワー (W)	入力電力 (kW)
赤色 蛍光体	10.90	42.6	12.6	12.6(ランプ)
				0.6(LD)
緑色 蛍光体	0.92	124.0	4.3	4.3
				0.2
青色 蛍光体	1.03	20.0	26.9	26.9
				1.3

先ず、赤色蛍光体(29R)、緑色蛍光体(29G)及び青色蛍光体(29B)を励起して光束538lmを得るために必要なレーザーパワーは夫々第1表に示す如

る。

しかしながら、第1表において蛍光体励起用の紫外レーザービームのレーザーパワーの値は4W~27Wであるが、この値は現状では安価なレーザー光源装置によって容易に得られる値ではない。このレーザーパワーをより低減するためには、第1図例のスクリーン(25)を所謂レンチキュラー構造にすることが考えられる。レンチキュラー構造にすることにより、スクリーン(25)の画面の明るさは5倍程度にすることができる。即ち、スクリーンゲインが5倍になるので、スクリーン(25)上で10fLの輝度が達成されれば画面の実質的な輝度は50fLとなる。この場合のレーザーパワー及び入力電力を第2表に示す。

第2表(スクリーンゲイン=5)

	量子 効率	ランプ効率 (lm/W)	レーザー パワー (W)	入力電力 (kW)
赤色 蛍光体	10.90	42.6	2.5	2.5(ランプ)
				0.1(LD)
緑色 蛍光体	0.92	124.0	0.9	0.9
				0.04
青色 蛍光体	1.03	20.0	5.4	5.4
				0.3

第2表によれば、スクリーンゲインを5倍にした場合には、レーザーダイオード励起型のNd:YAGレーザー(13)の入力電力が300W程度で済むことが分かるが、この程度であれば一般家庭でも容易に使用できる。

また、現在安価に入手できるモードロック型Nd:YAGレーザーはフラッシュランプ励起型のものであり、そのフラッシュランプ励起型のモードロック型Nd:YAGレーザーを用いた場合に安定して得られる紫外レーザービーム(20)のレーザーパワーは1W程

度に過ぎないが、第2表よりレーザパワーが1Wで充分な輝度が得られるのは緑色蛍光体(29G)だけである。従って、現在安価な構造で60インチ以上のスクリーンに明るい画面を得るには、フラッシュランプ励起型のモードロック型Nd:YAGレーザ、レンチキュラー構造でスクリーンゲインが5倍のスクリーン及び緑色蛍光体を組み合わせた構造がよいと言える。

尚、上述実施例においてはモードロック型Nd:YAGレーザ(13)及び非線形光学結晶(15)、(19)を組み合わせさせてレーザ光源装置を構成したが、例えば直接に紫外レーザ光を出力する他のレーザ発振器を使用してもよい。

尚、本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱することなく種々の構成を採り得ることは勿論である。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、スクリーンの蛍光体被着面上に紫外光を透過させて可視光を反射する背面板が

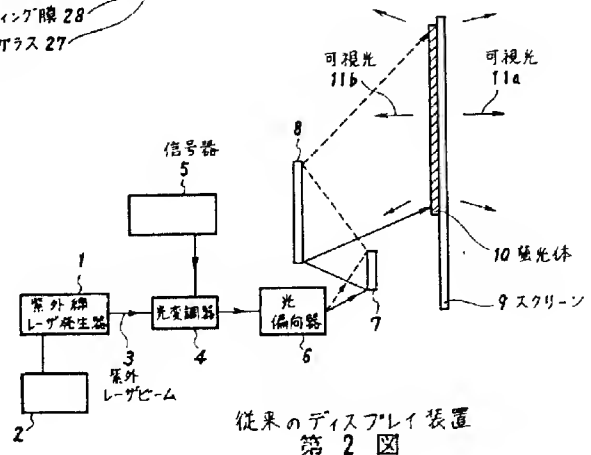
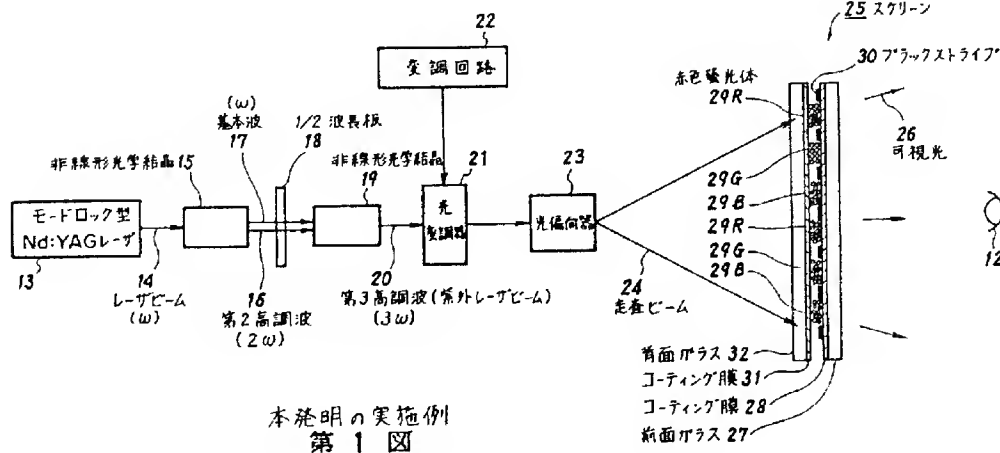
配されているので、レーザ光源装置への入力電力量が従来と同じであっても従来よりも2倍程度明るい画面が得られる利益がある。

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明によるディスプレイ装置の一実施例を示す構成図、第2図は従来のディスプレイ装置を示す構成図である。

(13)はモードロック型Nd:YAGレーザ、(15)は第1の非線形光学結晶、(18)は $\frac{1}{2}$ 波長板、(19)は第2の非線形光学結晶、(20)は第3高調波即ち紫外レーザビーム、(21)は光変調器、(23)は光偏向器、(25)はスクリーン、(27)は前面ガラス、(29R)、(29G)、(29B)は夫々赤色蛍光体、緑色蛍光体、青色蛍光体、(31)はコーティング膜、(32)は背面ガラスである。

代理人 松隈秀盛



## 手続補正書

平成 1 年 4 月 25 日

特許庁長官 吉田文毅 殿

## 1. 事件の表示

平成 1 年 特 許 願 第 1 8 7 3 4 号

## 2. 発明の名称

ディスプレイ装置

## 3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

名 称 (218) ソ ニ ー 株 式 会 社

代表取締役 大 賀 典 雄

## 4. 代 理 人

住 所 東京都新宿区西新宿 1 丁目 8 番 1 号  
TEL 03-343-5821 (新宿ビル)

氏 名 (8088) 弁 理 士 松 隈 秀 盛



## 5. 補正命令の日付 平成 年 月 日

## 6. 補正により増加する発明の数

## 7. 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄

## 8. 補正の内容

方式

特許庁

1. 4. 26

出願第二部

- (1) 明細書中、第 7 頁 6 行「入力電力 1 N」とあるを「入力電力 1 W」に訂正する。
- (2) 同、第 9 頁下から 5 行「 $\text{KTiPO}_4$ 」とあるを「 $\text{KTiOPO}_4$ 」に訂正する。
- (3) 同、第 10 頁 3 行「(B-バリウムポーレイト)」とあるを「(B-バリウムポーレイト  $\text{BaB}_2\text{O}_4$ )」に訂正する。
- (4) 同、第 12 頁 9 行「緑色蛍光低 (29G)」とあるを「緑色蛍光体 (29G)」に訂正する。
- (5) 同、同頁 14 行～15 行及び 20 行に夫々「ダイクロックコーティング」とあるを夫々「ダイクロイックコーティング」に訂正する。
- (6) 同、第 15 頁第 1 表 (スクリーンゲイン = 1) を別紙のとおり訂正する。
- (7) 同、同頁下から 2 行「励起して光束」とあるを「励起して例えば、CIE D<sub>50</sub>標準昼光色の光束」に訂正する。
- (8) 同、第 16 頁 1 行「12.6 W, 4.3 W 及び 26.9 W」とあるを「12.5 W, 4.3 W 及び 17.2 W」に訂正する。

- (9) 同、第 17 頁 3 行「4 W～27 W」とあるを「4 W～17 W」に訂正する。

- (10) 同、第 18 頁第 2 表 (スクリーンゲイン = 5) を別紙のとおり訂正する。

以 上

第 1 表 (スクリーンゲイン = 1)

	量子効率	ランプ効率 (lm/W)	レーザパワー (W)	入 力 電 力 (kW)
赤色 蛍光体	0.90	(lm/W) 42.6	12.5	12.5(ランプ) 0.6 (LD)
緑色 蛍光体	0.92	124.0	4.3	4.3 0.2
青色 蛍光体	1.03	20.0	17.2	17.2 0.9

第 2 表 (スクリーンゲイン = 5)

	量子効率	ランプ効率 (lm/W)	レーザパワー (W)	入 力 電 力 (kW)
赤色 蛍光体	0.90	(lm/W) 42.6	2.5	2.5(ランプ) 0.1 (LD)
緑色 蛍光体	0.92	124.0	0.9	0.9 0.04
青色 蛍光体	1.03	20.0	3.5	3.5 0.2



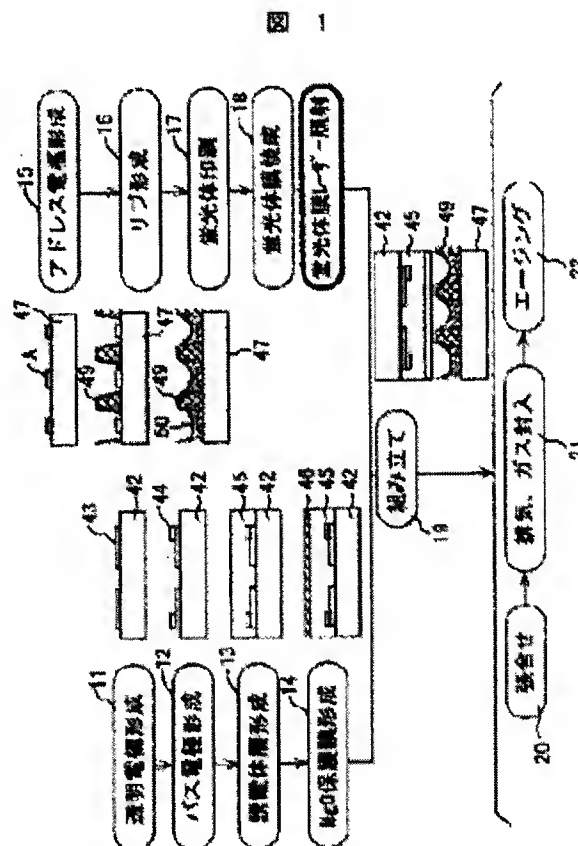
# FLAT DISPLAY PANEL, DISPLAY DEVICE, AND MANUFACTURING METHOD OF PANEL

**Patent number:** JP2002083549  
**Publication date:** 2002-03-22  
**Inventor:** MORIYA KOICHI; YUHARA AKITSUNA; OSAWA ATSUO  
**Applicant:** HITACHI LTD; FUJITSU HITACHI PLASMA DISPLAY  
**Classification:**  
 - international: **H01J9/227; G09F9/313; H01J1/62; H01J11/02; H01J9/227; G09F9/313; H01J1/00; H01J11/02; (IPC1-7): H01J11/02; G09F9/313; H01J9/227**  
 - european:  
**Application number:** JP20000273555 20000905  
**Priority number(s):** JP20000273555 20000905

Report a data error here

## Abstract of JP2002083549

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To overcome the problem of a prior art such that the emission luminance of a phosphor film is lowered due to baking. **SOLUTION:** After baked, a blue phosphor film is irradiated with laser beam in a decompressed atmosphere, or in an oxygen atmosphere after it is decompressed.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-83549

(P2002-83549A)

(43)公開日 平成14年3月22日(2002.3.22)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 J 11/02		H 0 1 J 11/02	B 5 C 0 2 8
G 0 9 F 9/313		G 0 9 F 9/313	Z 5 C 0 4 0
H 0 1 J 9/227		H 0 1 J 9/227	E 5 C 0 9 4

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-273555(P2000-273555)

(22)出願日 平成12年9月5日(2000.9.5)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 599132708

富士通日立プラズマディスプレイ株式会社

神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号

(72)発明者 森谷 宏一

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所デジタルメディア開発本

部内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

最終頁に続く

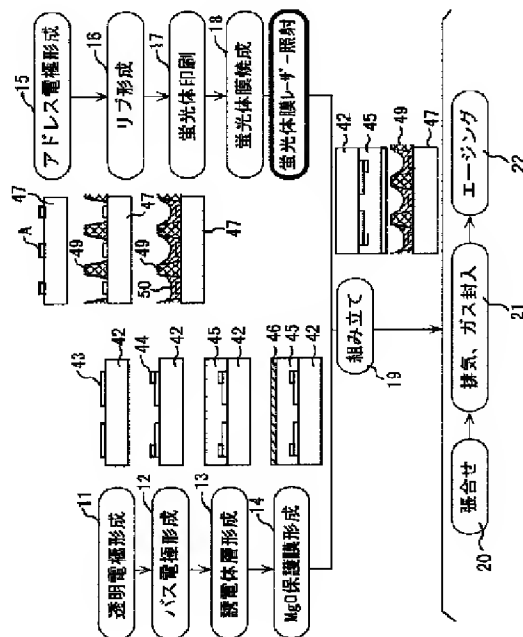
(54)【発明の名称】 フラットディスプレイパネル、表示装置及びパネルの製造方法

(57)【要約】

【課題】 焼成による蛍光体膜の発光輝度が低下する。

【解決手段】 焼成後の青色蛍光体膜に、減圧雰囲気、または減圧した後、酸素雰囲気中で、レーザー光を照射する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 蛍光体膜により可視光を発生させ画像の表示を行うフラットディスプレイパネルにおいて、前記蛍光体膜は、形成された蛍光体膜を焼成した後、その表面にレーザー光を照射して構成されることを特徴とするフラットディスプレイパネル。

【請求項 2】 透明電極が設けられた前面側基板構造体と蛍光体膜が形成された背面側基板構造体とからなるフラットディスプレイパネルにおいて、前記蛍光体膜は焼成後レーザー光が照射されて構成されることを特徴とするフラットディスプレイパネル。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載のフラットディスプレイパネルにおいて、前記蛍光体膜への前記レーザー光の照射を、減圧雰囲気にて行うことを特徴とするフラットディスプレイパネル。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 記載のフラットディスプレイパネルにおいて、前記蛍光体膜への前記レーザー光の照射を酸素雰囲気にて行うことを特徴とするフラットディスプレイパネル。

【請求項 5】 請求項 4 記載のフラットディスプレイパネルにおいて、前記蛍光体膜への前記レーザー光の照射を減圧雰囲気にした後、酸素雰囲気にて行うことを特徴とするフラットディスプレイパネル。

【請求項 6】 請求項 1、2、3、4 又は 5 記載のフラットディスプレイパネルにおいて、前記蛍光体膜は赤色蛍光体膜、緑色蛍光体膜及び青色蛍光体膜を備え、前記青色蛍光体膜のみに前記レーザー光を照射して構成されることを特徴とするフラットディスプレイパネル。

【請求項 7】 蛍光体膜により可視光を発生させ画像の表示を行うフラットディスプレイパネルを用いた表示装置において、前記蛍光体膜は、形成された蛍光体膜を焼成した後、その表面にレーザー光を照射して構成されることを特徴とする表示装置。

【請求項 8】 前面側基板構造体と蛍光体膜が形成された背面側基板構造体とからなるフラットディスプレイパネルを駆動回路にて駆動する表示装置において、前記蛍光体膜は焼成後レーザー光が照射されて構成されることを特徴とする表示装置。

【請求項 9】 背面側基板構造体の隔壁内に蛍光体膜を形成する工程と、前記蛍光体膜を焼成する工程と、焼成された前記蛍光体膜にレーザー光を照射する工程とを備えることを特徴とするフラットディスプレイパネルの製造方法。

【請求項 10】 請求項 9 記載のフラットディスプレイパネルの製造方法において、前記レーザー光を照射する工程は、減圧雰囲気の中で前記レーザー光を照射することを特徴とするフラットディスプレイパネルの製造方法。

【請求項 11】 請求項 9 記載のフラットディスプレイパネルの製造方法において、前記レーザー光を照射する工程は、減圧雰囲気の後、酸素を導入して前記レーザー光を照

射することを特徴とするフラットディスプレイパネルの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は特殊な処理技術が施された蛍光体を用いたフラットディスプレイパネル（FDP）、表示装置及びパネルの製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、フラットディスプレイパネルとして、プラズマディスプレイパネル（PDP）、又はフィールドエミッションディスプレイ（FED）が知られている。PDPやFEDは比較的簡易なプロセスにより大画面化が可能であり、高輝度、高速応答性、広視野角を有するなどの利点により、直視型大画面の高品位TV用表示デバイスとして有望視されている。

【0003】 以下に、一般的なPDPの作製工程について、図8を用いて説明する。図8は従来のプラズマディスプレイパネルの製造工程を示す工程図である。PDPは、基本的には2枚のガラス基板が張り合わされ、両基板により形成される空間に不活性ガスが充填されたものである。2枚の基板のうち表示面と反対側の基板を背面側基板構造体、表示面側の基板を前面側基板構造体と呼ぶ。それらはそれぞれ電極などが形成される。前面側基板構造体は、工程11で光透過性のガラス基板42の上に透明電極43が形成され、工程12でバス電極44が形成され、次いで、工程13で誘電体層45が形成される。さらに、工程14でその上に保護膜46が形成され、完成される。背面側基板構造体は、工程15でガラス基板47上にアドレス電極Aを形成し、工程16で隔壁（リブ）49を形成した後、工程17でこの隔壁49で仕切られた空間に蛍光体膜50がスクリーン印刷法などにより形成される。この蛍光体膜50は、所定発光色の蛍光体粉末と、セルロース系又はアクリル系の増粘剤樹脂とアルコール系又はエステル系等の有機溶剤とからなるビヒクルとを混合した蛍光体ペーストを、スクリーン印刷法により形成される。蛍光体膜50は赤色の光を発光する蛍光体膜50R、緑色の光を発光する蛍光体膜50G及び青色の光を発光する蛍光体膜50Bからなり、各蛍光体膜50R、50G、50Bはアドレス電極A方向に、交互に形成される。工程18で蛍光体膜50は大気圧の空气中雰囲気中で熱処理が施され、ビヒクルの揮発成分を蒸発させている。この熱処理を一般に蛍光体の焼成工程と呼んでいる。この焼成工程は、400～600℃の高温の熱処理である。この蛍光体膜50の焼成が終わると、工程19で前面側基板構造体と背面側基板構造体は組立てられ、工程20で両者は張り合わされ、工程21で、内部を真空排気後、不活性ガスが充填されてプラズマディスプレイパネルは完成する。この後、パネルは真空排気系、ガス導入系から切り放され、工程2

2で放電特性の安定化のために数時間から数十時間の連続点灯処理（エージング処理）が施される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来のフラットディスプレイパネルにおいては、焼成工程において輝度劣化が生じるという問題があった。PDPの場合には、この劣化は蛍光体の色によって異なり、特にこの劣化は青色蛍光体で激しい。つまり、PDPの場合、蛍光体を励起する紫外線は、蛍光体自身の光学的性質から、蛍光体表面から約0.1  $\mu\text{m}$ の深さまでしか進入することができない。よって、蛍光体膜表面にビヒクル成分などの汚染成分が焼成工程で取り去れずに残っていると、蛍光体の発光性能、特に明るさが低下する。

【0005】また、蛍光体自体は単結晶の粒ではあるが、この焼成工程においてその表面に結晶欠陥が生じると、その結晶欠陥は発光を伴わないエネルギーロスを招くため、輝度低下を引き起こす。後者の結晶欠陥による輝度劣化は、特に、青色（B）蛍光体で激しい。これは、母材結晶自体の安定性に起因したものと考えられる。

【0006】B蛍光体における焼成後の輝度劣化は、表示画像の品質を著しく劣化させるので、改善が必要となる。一般にRGBの色度を基本に白色の色温度を高める方向で、RGBの輝度バランスが設定される。B蛍光体の輝度が劣化した場合、それが劣化しない場合と同じ色温度を実現するためには、RGの輝度もBに揃えて下げる必要があるため、白色の輝度も下がってしまう。

【0007】焼成温度を変えた場合の、青（B）蛍光体表面の元素分析を行うために、飛行時間型二次イオン質量分析を行なった。焼成温度が低い場合、蛍光体表面には、ビヒクル成分と思われるC2H5が検出された。これに対して、処理温度を適切に調整した場合、表面におけるビヒクル成分と思われるC2H5は検出されなかった。ところが、このビヒクル成分が検出されない条件で、焼成処理を行ったにもかかわらず、蛍光体の発光輝度は、粉体の値に比べ、約30%低下していた。この輝度劣化の原因を推定するために、蛍光体からの光電子分析を行った。光電子分析とは、3.4～6.2 eVの紫外線を蛍光体に照射し、放出される光電子をカウントするものであり、蛍光体の極表面層における汚染、あるいは結晶欠陥が判定できる。

【0008】ビヒクルと混合する前の蛍光体の粉体及び焼成温度を最適化した蛍光体膜に照射光エネルギーを照射した場合の単位時間あたりの光電子の数について、図9及び図10を用いて説明する。図9は蛍光体粉体の光電子分析結果を示す特性図であり、図10は焼成された蛍光体の光電子分析結果を示す特性図である。両図ともに、横軸は照射光エネルギーを示し、縦軸は1秒間に発生する光電子の数（cps: count per second）を示す。

【0009】焼成を行わない、ビヒクルと混合する前の粉体では、図9に示すように、照射光エネルギーが3.4～6.2 eVの範囲においては、光電子の放出が観測されない。これに対して、ビヒクルの検出されない焼成条件にて焼成を行った蛍光体では、図10に示すように、4.7 eV以上で光電子放出が観測された。つまり、ビヒクル成分が検出されない条件で焼成を行ったとしても、蛍光体の表面には、結晶欠陥が生じるため、この欠陥により輝度低下が生じることが考えられる。この時の輝度は、粉体の値に比べ、約30%低下していた。

【0010】本発明の目的は粉体輝度に比べて焼成後の蛍光体輝度が劣化するのを低減する技術を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】蛍光体の焼成によりその表面に導入された結晶欠陥の除去には、レーザ照射（レーザアニール）処理が有効である。つまり、焼成後の蛍光体の表面には、欠陥が大量に導入されていることから、極端な場合、非晶質化している可能性がある。このため、この表面変質層を除去或いは再結晶化させる必要がある。レーザとしては、大出力のエキシマレーザを使用した。波長は300 nm程度であり、蛍光体への進入深さも数  $\mu\text{m}$ 以下で、表面層のみの再結晶化が可能となる。レーザ光の照射は、真空中にて行った。必要に応じて酸素を導入すると好適である。焼成後の蛍光体表面にレーザ光を照射した場合、表面における欠陥が減少していることが分かった。

【0012】本発明の目的を達成するために、第1の発明では、蛍光体膜により可視光を発生させ画像の表示を行うフラットディスプレイパネルにおいて、前記蛍光体膜は、形成された蛍光体膜を焼成した後、その表面にレーザ光を照射して構成される。第2の発明では、透明電極が設けられた前面側基板構造体と蛍光体膜が形成された背面側基板構造体とからなるフラットディスプレイパネルにおいて、前記蛍光体膜は焼成後レーザ光が照射されて構成される。第1又は第2の発明において、前記蛍光体膜への前記レーザ光の照射を、減圧雰囲気にて行う。又は、前記蛍光体膜への前記レーザ光の照射を酸素雰囲気にて行う。又は、前記蛍光体膜への前記レーザ光の照射を減圧雰囲気にした後、酸素雰囲気にて行う。又は、前記いずれかの発明において、前記蛍光体膜は赤色蛍光体膜、緑色蛍光体膜及び青色蛍光体膜を備え、前記青色蛍光体膜のみに前記レーザ光を照射して構成される。

【0013】第3の発明では、蛍光体膜により可視光を発生させ画像の表示を行うフラットディスプレイパネルを用いた表示装置において、前記蛍光体膜は、形成された蛍光体膜を焼成した後、その表面にレーザ光を照射して構成される。

【0014】第4の発明では、前面側基板構造体と蛍光

体膜が形成された背面側基板構造体とからなるフラットディスプレイパネルを駆動回路にて駆動する表示装置において、前記蛍光体膜は焼成後レーザ光が照射されて構成される。

【0015】第5の発明では、フラットディスプレイパネルの製造方法は、背面基板構造体の隔壁内に蛍光体膜を形成する工程と、前記蛍光体膜を焼成する工程と、焼成された前記蛍光体膜にレーザ光を照射する工程とを備える。第5の発明において、前記レーザ光を照射する工程は、減圧雰囲気の中で前記レーザ光を照射する。また、前記レーザ光を照射する工程は、減圧雰囲気の後、酸素を導入して前記レーザ光を照射する。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、実施例を用い、図を参照して説明する。

【0017】図4は本発明に係るプラズマ表示装置のブロック図である。図において、プラズマ表示装置2は、マトリクス形式のカラー表示デバイスであるAC型のPDP1と、画面（スクリーン）を構成する多数のセルを選択的に点灯させるための駆動ユニット3とからなり、壁掛け式テレビジョン受像機、コンピュータシステムのモニターなどとして利用される。PDP1は、一対のサステイン電極X、Yが平行配置された面放電形式のPDPであり、各セルにサステイン電極X、Yとアドレス電極Aとが対応する3電極構造の電極マトリクスを有している。サステイン電極X、Yは画面のライン方向（水平方向）に延び、一方のサステイン電極Yはアドレッシングに際してライン単位にセルを選択するためのスキャン電極として用いられる。アドレス電極Aは列単位にセルを選択するためのデータ電極であり、列方向（垂直方向）に延びている。駆動ユニット3は、コントローラ4、フレームメモリ5、Xドライバ回路6、Yドライバ回路7、アドレスドライバ回路8、及び図示しない電源回路を有している。駆動ユニット3には外部装置から各ピクセルのRGBの輝度レベル（階調レベル）を示す多値の映像データDR、DG、DBが、各種の同期信号とともに入力される。映像データDR、DG、DBは、フレームメモリ5に一旦格納された後、コントローラ4によって各色毎にサブフレームデータDs fに変換され、再びフレームメモリ5に格納される。サブフレームデータDs fは、階調表示のために1フレームを分割した各サブフレームにおけるセルの点灯の可否を示す2値データの集合である。Xドライバ回路6はサステイン電極Xに対する電圧印加を担い、Yドライバ回路7はサステイン電極Yに対する電圧印加を担う。アドレスドライバ回路8は、フレームメモリ5から転送されたサブフレームデータDs fに応じて、アドレス電極Aに選択的にアドレス電圧を印加する。次に、PDP1に適用される駆動方法について説明する。

【0018】図5はプラズマ表示装置2のフレーム分割

の一例を示す模式図であり、図6はプラズマ表示装置の駆動シーケンスの一例を示す電圧波形図である。セルの発光を2値制御によって階調再現を行うために、外部からの入力画像である時系列の各フレームFを、例えば6個のサブフレームsf1、sf2、sf3、sf4、sf5、sf6に分割する。各サブフレームsf1～sf6における輝度の相対比率が1:2:4:8:16:32となるように重み付けをして、各サブフレームsf1～sf6のサステインの発光回数を設定する。サブフレーム単位の発光の有無の組合せでRGBの各色毎にレベル「0」～「63」の64段階の輝度設定を行うことができるので、表示可能な色の数は643となる。なお、サブフレームsf1～sf6は輝度の重みの順に配置する必要はない。例えば、重みの大きいサブフレームsf6を表示期間の中間に配置するといった最適化を行うことができる。

【0019】図6のように、各サブフレームsf1～sf6に対して、リセット期間TR、アドレス期間TA、及びサステイン期間TSを割り当てる。リセット期間TR及びアドレス期間TAの長さは輝度の重みに係わらず一定であるが、サステイン期間TSの長さは輝度の重みが大きいほど長い。つまり、各サブフレームsf1～sf6の表示期間の長さは互いに異なる。リセット期間TRは、それ以前の点灯状態の影響を防ぐため、画面全体の壁電荷の消去（初期化）を行う期間である。全てのライン（ライン数はn）のサステイン電極Xに波高値が面放電開始電圧を越える正極性のリセットパルスPwを印加し、同時に背面側の帯電とイオン衝撃を防ぐために全てのアドレス電極Aに正極性のパルスを印加する。リセットパルスPwの立上がりに対応して全てのラインで強い面放電が生じ、セル内に多量の壁電荷が生じる。壁電圧と印加電圧との相殺によって実効電圧が下がる。リセットパルスPwが立下がると、壁電圧がそのまま実効電圧となって自己放電が生じ、全てのセルにおいてほとんどの壁電荷が消失し、画面全体が一般的な非帯電状態となる。

【0020】アドレス期間TAは、アドレッシング（点灯／非点灯の設定）を行う期間である。サステイン電極Xを接地電位に対して正電位にバイアスし、全てのサステイン電極Yを負電位にバイアスする。この状態で、先頭のラインから1ラインずつ順に各ラインを選択し、該当するサステイン電極Yに負極性のスキャンパルスPyを印加する。ラインの選択と同時に、サブフレームデータDs fが示す点灯すべきセルに対応したアドレス電極Aに対して正極性のアドレスパルスPaを印加する。選択されたラインにおいて、アドレスパルスPaの印加されたセルでは、サステイン電極Yとアドレス電極Aとの間で対向放電が起こり、それが面放電に移行する。これら一連の放電がアドレス放電である。アドレス期間TAにおいて、サステイン電極XがアドレスパルスPaと同

10

20

30

40

50

極性の電位にバイアスされているので、サステイン電極 X とアドレス電極 A との間で放電は起きない。

【0021】サステイン期間 T S は、階調レベルに応じた輝度を確保するために、設定された点灯状態を維持する期間である。不要の放電を防止するため、全てのアドレス電極 A を正極性の電位にバイアスし、最初に全てのサステイン電極 Y に正極性のサステインパルス P s を印加する。その後、サステイン電極 X とサステイン電極 Y とに対して交互にサステインパルス P s を印加する。サステインパルス P s の印加毎に、アドレス期間 T A において壁電荷の蓄積したセルで面放電が生じる。サステインパルス P s の印加周期は一定であり、輝度の重みに応じて設定された個数のサステインパルス P s が印加される。

【0022】図 7 は本発明に係わるプラズマディスプレイパネルの内部構造を示す斜視図である。PDP 1 では、放電空間 41 を挟む基板対のうちの前面側のガラス基板 42 の内面に、画面の水平方向のセル列であるライン L 毎に一つずつサステイン電極 X、Y が配列されている。サステイン電極 X、Y は、それぞれが透明導電膜である透明電極 43 と抵抗値を低減するための金属膜であるバス電極 44 とからなり、AC 駆動のための誘電体層 45 で被覆されている。誘電体層 45 の材料は P b O 系低融点ガラス（誘電率は約 10）である。誘電体層 45 の表面には保護膜として後述する膜質の M g O 膜 46 が被着されており、その膜厚は約 7000 Å である。誘電体層 45 及び M g O 膜 46 は透光性を有している。なお、サステイン電極 X、Y、誘電体層 45、保護膜 46 の積層体が形成された基板は、前面側基板構造体と呼称されている。背面側のガラス基板 47 の内面には、アドレス電極 A、絶縁層 48、隔壁 49、及びカラー表示のための 3 色（R、G、B）の蛍光体膜 50 R、50 G、50 B が設けられている。これを背面側基板構造体と呼称する。これら隔壁 49 によって、放電空間 41 がライン方向にサブピクセル（単位発光領域）毎に区画され、且つ放電空間 41 の間隙寸法が一定値（150 μm 程度）に規定されている。放電空間 41 には、ネオンに微量のキセノンを混合した放電ガスが充填されている。蛍光体膜 50 R、50 G、50 B は、放電で生じた紫外線で局部的に励起されて所定色の可視光を放つ。表示の 1 ピクセルはライン方向に並ぶ 3 つのサブピクセルで構成される。各サブピクセルの範囲内の構造体がセルである。隔壁 49 の配置パターンが各色の蛍光体膜 50 R、50 G、50 B がアドレス電極 A 方向に延びているストライプパターンであることから、放電空間 41 のうちの各列に対応した部分は、全てのラインに跨がって列方向に連続している。各列内のサブピクセルの発光色は同一である。

【0023】以上の構造を有する PDP の製造工程を図 1 を用いて説明する。図 1 は本発明によるプラズマディ

スプレイパネルの製造工程の一実施例を示す工程図である。図において、工程 11 から工程 18 までは図 8 を用いて説明した工程と同じである。本実施例においては、工程 18 において、蛍光体膜 50 を焼成した後、工程 23 において、蛍光体膜 50 にレーザ光が照射される。この蛍光体膜 50 にレーザ光を照射する場合、青色蛍光体膜 50 B のみを選択的にレーザ光を照射してもよい。

【0024】各ガラス基板 42、47 について別個に所定の構成要素を設けて前面及び背面用の構造体を作成した後、両構造体を重ね合わせるように組み立てる工程 19、対向する両構造体の間隙周縁を封止する張合わせ工程 20、内部の排気及び放電ガスの充填を行う工程 21、エージングの工程 22 は図 8 をもちいて説明した工程と同じである。

【0025】以下、レーザ照射後の光電子分析結果を図 2 を用いて説明する。図 2 は焼成された蛍光体にレーザ光を照射した場合の光電子分析結果を示す特性図である。図において、横軸は照射光エネルギー（e v）を示し、縦軸は 1 秒間に発生される光電子の数（c p s）を示す。図 10 の特性図と図 2 の特性図の比較から明らかに、蛍光体膜 50 を焼成しただけの場合は、図 10 に示すように、4.7 e V 以上で光電子放出が観測されたが、焼成後レーザ照射をした場合には、図 2 に示すように光電子の放出は観測されなかった。これは、表面の結晶欠陥が大幅に減少し、結晶性が回復したことに起因する。この蛍光体膜からの発光輝度を測定したところ、粉体の発光輝度の 90% の輝度を有することが分かった。

【0026】以下、レーザ照射装置について、図 3 を用いて説明する。図 3 は本発明によるレーザ照射装置の一実施例を示すブロック図である。図において、レーザ光源 31 には、波長 308 nm のエキシマレーザを使用した。レーザ照射装置は、レーザ光源 31、レーザ光源 31 のコントローラ 32、ビーム整形用の光学系 33、排気系（図示せず）を含む真空チャンバ 34、レーザビームを計測する計測系 35 から構成される。真空チャンバ 34 の真空度は、 $5 \times 10^{-4}$  Pa 程度とした。蛍光体膜 50 の形成された背面側基板構造体は、通常の焼成工程を完了したものを用いた。これに、上記レーザ照射装置によりレーザ照射を 400 m J のエネルギーで行った。レーザ光のスキャンは、基板を移動させることにより、背面側基板構造体における、青色蛍光体膜 50 B にのみレーザ照射を行った。この結果、白色の輝度は 1.3 倍に向上し、粉体の約 90% まで輝度が回復した。

【0027】レーザ照射雰囲気気を減圧後に酸素ガスを導入した雰囲気とした場合、更に輝度回復量が増加する。一旦、 $5 \times 10^{-4}$  Pa まで真空排気後、純酸素ガスを導入し、1 Pa ほど酸素ガスを、マスフローコントローラにより制御して導入した。この雰囲気中で、レーザ照射を行ったところ、輝度は 1.35 倍に向上し、粉体の約

95%まで輝度が回復した。また、背面側基板構造体の蛍光体膜50を最大300℃まで予備加熱した後、真空チャンバ34を使って減圧した雰囲気中でレーザを照射するとより効果があることが分かった。

【0028】以上述べたように、本発明においては、背面基板構体に設けられた蛍光体膜50に、

- (1) レーザを照射する。
- (2) 又は、真空チャンバで減圧してレーザを照射する。
- (3) 又は、真空チャンバで減圧した後、酸素ガスを導入した雰囲気中でレーザを照射する。
- (4) 上記(1)～(3)において、蛍光体膜50の内、青色蛍光体膜50Bのみを選択的にレーザ光を照射する。
- (5) 上記(1)～(4)において、蛍光体膜50を300℃以下に予備加熱した後、レーザを照射することによって、輝度低下を低減したフラットディスプレイパネルを得ることができる。

【0029】

【発明の効果】本発明によれば、蛍光体の焼成による輝度劣化を、回復することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるプラズマディスプレイパネルの製造工程の一実施例を示す工程図である。

【図2】焼成された蛍光体にレーザ光を照射した場合の光電子分析結果を示す特性図である。

\*【図3】本発明によるレーザ照射装置の一実施例を示すブロック図である。

【図4】本発明に係るプラズマ表示装置のブロック図である。

【図5】プラズマ表示装置のフレーム分割の一例を示す模式図である。

【図6】プラズマ表示装置の駆動シーケンスの一例を示す電圧波形図である。

【図7】本発明に係るプラズマディスプレイパネルの内部構造を示す斜視図である。

【図8】従来のプラズマディスプレイパネルの製造工程を示す工程図である。

【図9】蛍光体粉体の光電子分析結果を示す特性図である。

【図10】焼成された蛍光体の光電子分析結果を示す特性図である。

【符号の説明】

1…PDP、3…駆動ユニット、31…レーザ光源、32…レーザコントローラ、33…光学系、34…真空チャンバ、35…計測系、41…放電空間、42…前面側のガラス基板、43…透明電極、44…バス電極、45…誘電体層、46…保護膜、47…背面側ガラス基板、49…隔壁、50…蛍光体膜、A…アドレス電極、TA…アドレス期間、TR…リセット期間、TS…サステイン期間。

【図2】

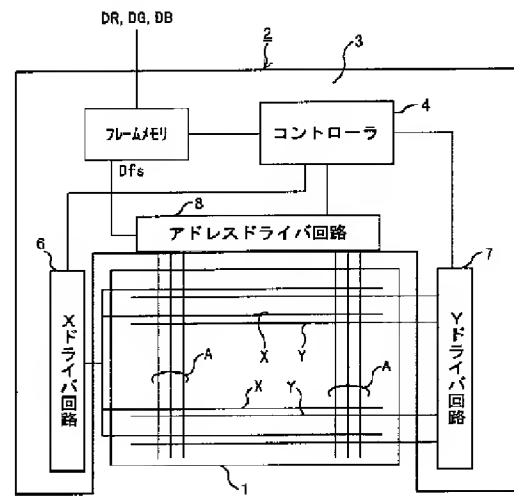
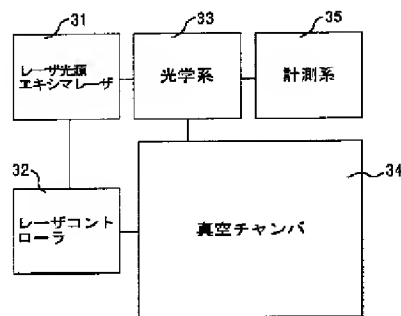
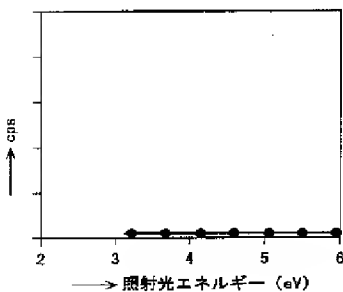
【図3】

【図4】

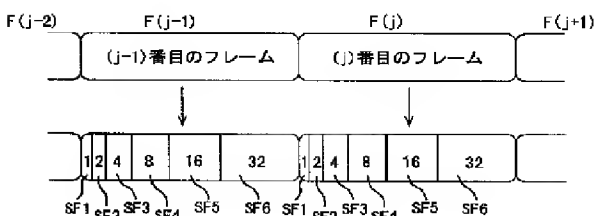
図 2

図 3

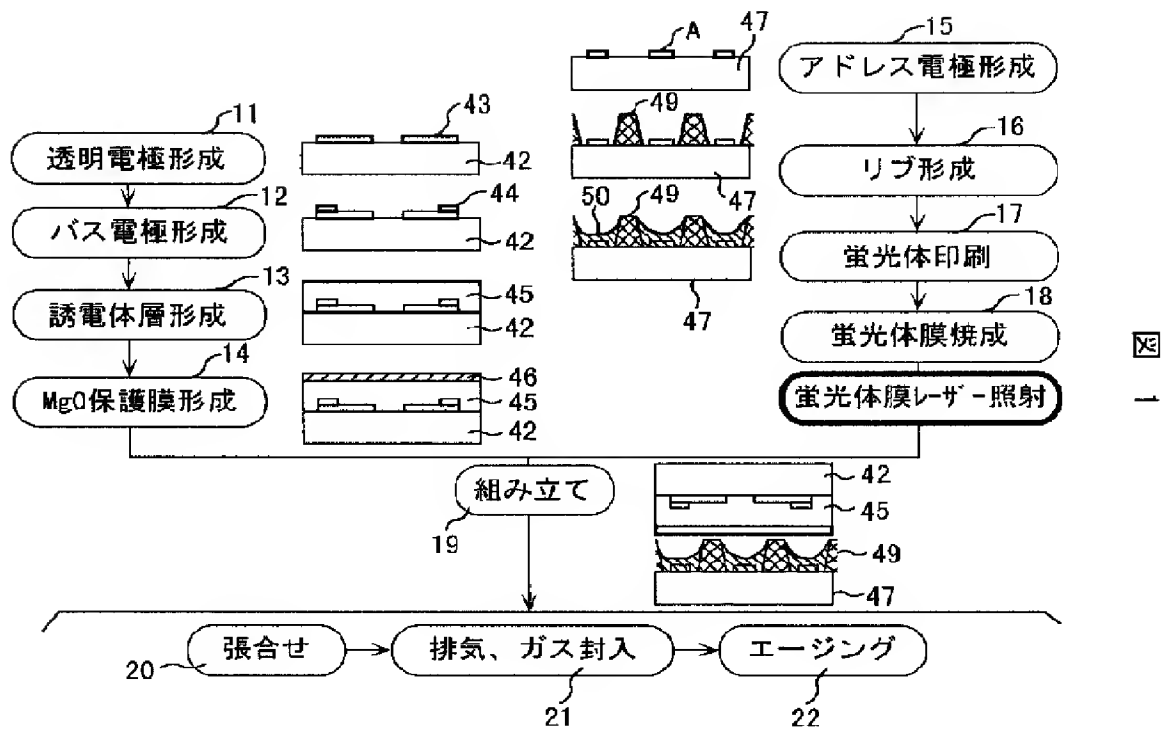
図 4



【図5】

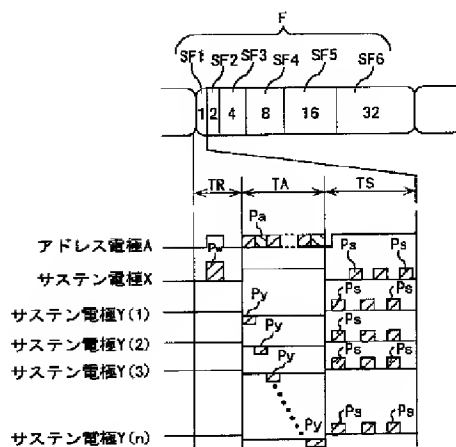


【図1】



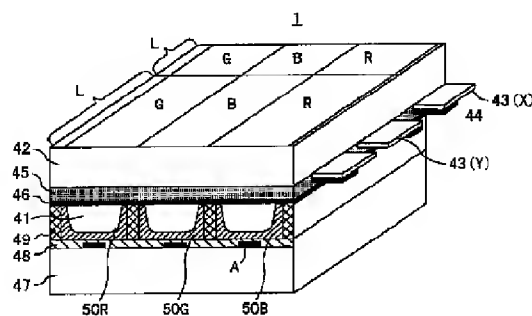
【図6】

図 6



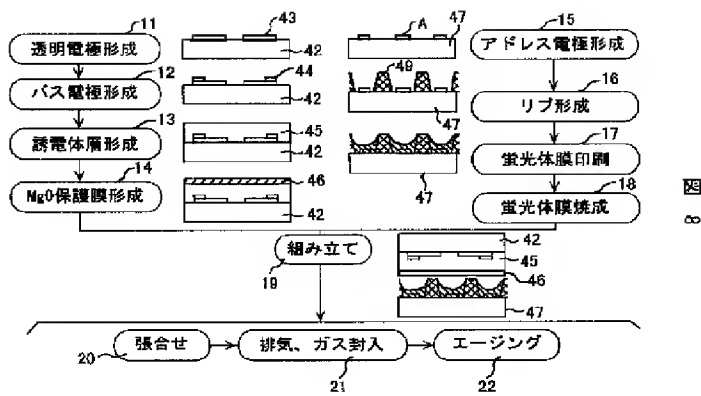
【図7】

図 7

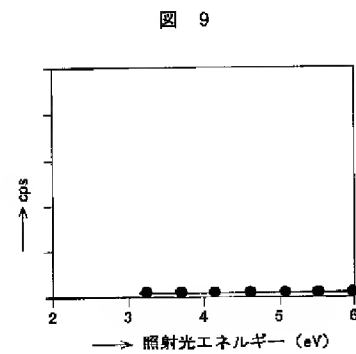




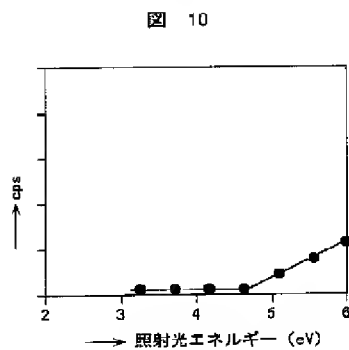
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 湯原 章綱  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所デジタルメディア開発本  
部内

(72)発明者 大沢 敦夫  
神奈川県川崎市高津区板戸3丁目2番1号  
富士通日立プラズマディスプレイ株式会  
社内

Fターム(参考) 5C028 FF14 FF16 HH14  
5C040 FA01 GG09 JA22 MA03 MA23  
5C094 AA07 AA43 BA31 BA32 CA19  
CA24 FB20 GB01

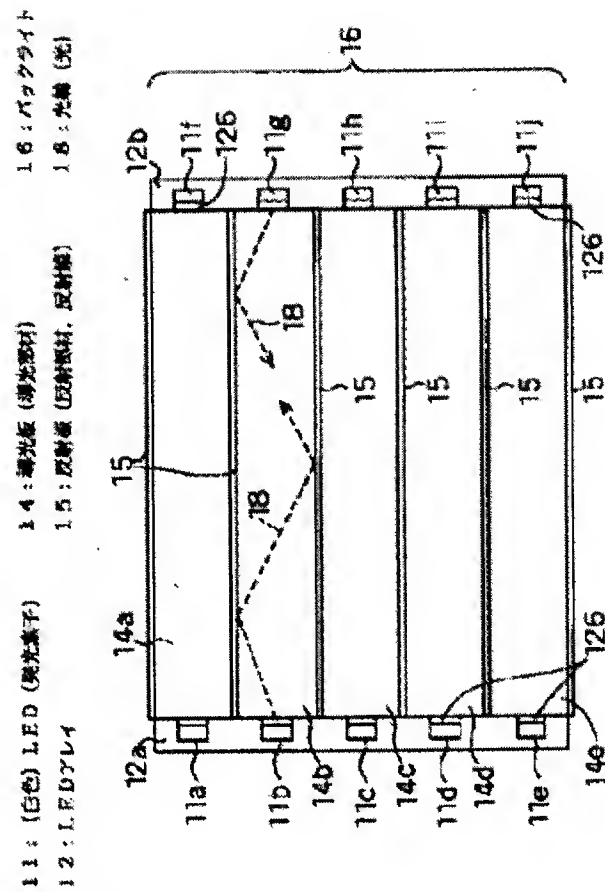
**LUMINAIRE, VIDEO DISPLAY DEVICE, METHOD OF DRIVING VIDEO DISPLAY DEVICE, LIQUID CRYSTAL DISPLAY PANEL, METHOD OF MANUFACTURING LIQUID CRYSTAL DISPLAY PANEL, METHOD OF DRIVING LIQUID CRYSTAL DISPLAY PANEL, ARRAY SUBSTRATE, DISPLAY DEVICE, VIEWFINDER AND VIDEO CAMERA**

**Patent number:** JP2001210122  
**Publication date:** 2001-08-03  
**Inventor:** TAKAHARA HIROSHI  
**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
**- international:** *G09G3/36; F21V8/00; G02F1/133; G02F1/1335; G02F1/13357; G09F9/00; G09F9/30; G09G3/20; H01L29/786; H04N5/225; H04N5/66; F21Y101/02; G09G3/36; F21V8/00; G02F1/13; G09F9/00; G09F9/30; G09G3/20; H01L29/66; H04N5/225; H04N5/66; (IPC1-7): F21V8/00; G02F1/133; G02F1/13357; G09F9/00; G09F9/30; G09G3/20; G09G3/36; H01L29/786; H04N5/225; H04N5/66; F21Y101/02*  
**- european:** G09G3/34B2; G09G3/34B4A; G09G3/36C8  
**Application number:** JP20000020831 20000128  
**Priority number(s):** JP20000020831 20000128

**Report a data error here**

**Abstract of JP2001210122**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a video display device which prevent a moving picture from blurring and to provide its related apparatuses. **SOLUTION:** A backlight 16 is arranged on a backface of a video display device 21. A light guide plate 14 which constitutes the backlight 16 is comprised of a plurality of blocks. A white LED 11 or R, G or B LED is arranged at the end of the light guide plate 14. This white LED turns on solely or as a group of plurality of them, and positions of the white LED to turn on are scanned in synchronism with positions of the video display device 21 to write into an image. When re-writing all pixel rows of the video display device 21, the white LEDs 11 that are located at the re-written pixel rows turn on after a predetermined time has passed, and an image is displayed.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-210122

(P2001-210122A)

(43) 公開日 平成13年8月3日(2001.8.3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
F 2 1 V 8/00	6 0 1	F 2 1 V 8/00	6 0 1 D 6 0 1 E
G 0 2 F 1/133	5 3 5	G 0 2 F 1/133	5 3 5
1/13357		G 0 9 F 9/00	3 3 6 J
G 0 9 F 9/00	3 3 6	9/30	3 3 8

審査請求 未請求 請求項の数51 O L (全118頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-20831(P2000-20831)

(22) 出願日 平成12年1月28日(2000.1.28)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 高原 博司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100092794

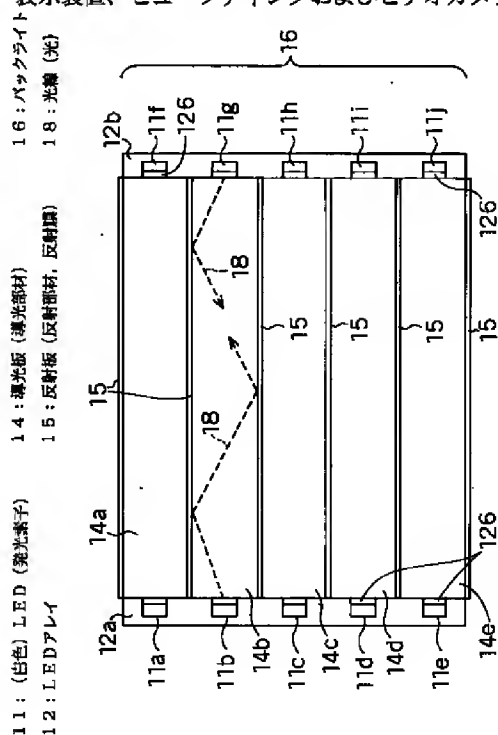
弁理士 松田 正道

(54) 【発明の名称】 照明装置、映像表示装置、映像表示装置の駆動方法、液晶表示パネル、液晶表示パネルの製造方

(57) 【要約】 法、液晶表示パネルの駆動方法、アレイ基板、表示装置、ビューファインダおよびビデオカメラ

【課題】 動画ボケの発生しない映像表示装置および関連機器を提供する。

【解決手段】 表示パネル21の背面にはバックライト16が配置され、このバックライトを構成する導光板14は複数のブロックから構成される。導光板14の端には白色LED11もしくは、R、G、BのLEDが配置されている。この白色LEDは単独であるいは複数個を組として点灯し、この点灯位置は表示パネル21の画像書き込み位置と同期をとって走査され、表示パネル21の各画素行を書きかえた後、所定時間経過後に書きかえた画素行に位置する白色LED11が点灯し画像が表示される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ライン状の光発生手段と、  
前記光発生手段からスリット状に光を出射させる遮光手段と、  
前記光発生手段または前記遮光手段を回転中心で回転させる回転手段と、  
前記スリットから出射された光を導光する導光板とを具備することを特徴とする照明装置。

【請求項 2】 導光板と、  
前記導光板上にマトリックス状に配置された光発生手段と、  
前記導光板の光出射面に形成または配置された光拡散手段とを具備し、  
前記光発生手段は、単色光を発生する発光素子が近接して配置されて構成されていることを特徴とする照明装置。

【請求項 3】 複数の遮光体または反射体を分割して構成された導光板と、  
前記分割された導光板のそれぞれに形成または配置された光発生手段と、  
前記導光板の光出射面に形成または配置された光拡散手段とを具備し、  
前記光発生手段は、単色光を発生する発光素子が近接して配置されて構成されていることを特徴とする照明装置。

【請求項 4】 請求項 1 から請求項 3 に記載のいずれかの照明装置と、  
前記照明装置からの出射光を変調する液晶表示パネルとを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項 5】 マトリックス状に凹部が形成された第 1 の基板と、  
前記凹部に形成されたブラックマトリックスと、  
マトリックス状に画素が形成された第 2 の基板と、  
前記第 1 の基板と第 2 の基板との間に挟持された液晶層とを具備し、  
前記第 1 の基板の前記凹部が形成された面と、前記第 2 の基板の前記画素が形成された面とが対向していることを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項 6】 マトリックス状に凹部が形成された第 1 の基板と、  
前記凹部に形成されたブラックマトリックスと、  
マトリックス状に画素が形成された第 2 の基板と、  
前記第 1 の基板と第 2 の基板との間に挟持された液晶層とを具備し、  
前記第 1 の基板の前記凹部が形成された面と、前記第 2 の基板の前記画素が形成された面とが対向しており、  
前記ブラックマトリックス上に平滑化膜が形成され、  
前記平滑化膜上に対向電極が形成されていることを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項 7】 光透過性のある第 1 の基板と、画素電極

がマトリックス状に形成された第 2 の基板とを具備し、  
前記第 1 の基板にマトリックス状に凹部を形成する第 1 の工程と、  
前記凹部に銀またはアルミニウムを有する金属薄膜を形成する第 2 の工程と、  
前記薄膜上に光透過性を有する平滑化膜を形成する第 3 の工程と、  
前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に液晶を挟持させる第 4 の工程とを含むことを特徴とする液晶表示パネルの製造方法。

【請求項 8】 マトリックス状に凹部が形成された第 1 の基板と、  
前記凹部に形成されたブラックマトリックスと、  
前記第 1 の基板に形成された付加コンデンサと、  
マトリックス状に画素が形成された第 2 の基板と、  
前記付加コンデンサと前記画素電極とを接続する接続部と、  
前記第 1 の基板と第 2 の基板との間に挟持された液晶層とを具備し、  
前記第 1 の基板の前記凹部が形成された面と、前記第 2 の基板の前記画素が形成された面とが対向していることを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項 9】 第 1 の導光板と、  
前記第 1 の導光板に光束を入力する第 1 の発光手段と、  
第 2 の導光板と、  
前記第 2 の導光板に光束を入力する第 2 の発光手段と、  
前記第 1 の発光手段および前記第 2 の発光手段のオンオフを制御する制御手段とを具備することを特徴とする照明装置。

【請求項 10】 第 1 の導光板と、  
前記第 1 の導光板に光束を入力する第 1 の発光手段と、  
第 2 の導光板と、  
前記第 2 の導光板に光束を入力する第 2 の発光手段と、  
前記第 1 の発光手段および前記第 2 の発光手段のオンオフを制御する制御手段と、  
前記第 1 の導光板および第 2 の導光板のそれぞれの光出射面に配置された光拡散手段と、  
前記光拡散手段の光出射側に配置された液晶表示パネルとを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項 11】 請求項 10 記載の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、  
画面の上半分の画像を書き換えている第 1 の時間では、  
前記第 1 の発光手段を点灯する工程と、  
画面の下半分の画像を書き換えている第 2 の時間では、  
前記第 2 の発光手段を点灯する工程とを備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法。

【請求項 12】 導光板と、  
前記導光板の上端部に配置または形成された第 1 の発光手段と、  
前記導光板の下端部に配置または形成された第 2 の発光

手段と、  
前記第 1 の発光手段および前記第 2 の発光手段のオンオフを制御する制御手段と、  
前記導光板の光出射面に配置された光拡散手段と、  
前記光拡散手段の光出射側に配置された液晶表示パネルとを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 記載の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、  
液晶表示パネルの画面を書き換えている第 1 の時間では、前記第 1 および第 2 の発光手段をオフ状態にするオフ工程と、  
液晶表示パネルの画面を書き換えていない第 2 の時間では、前記第 1 または第 2 の発光手段をオン状態にするオン工程とを備え、  
前記オン工程においては、前記第 1 の発光手段と前記第 2 の発光手段とを交互に点灯させることを特徴とする映像表示装置の駆動方法。

【請求項 1 4】 ストライプ状の電極を有する第 1 の液晶表示パネルと、  
映像を表示する第 2 の液晶表示パネルと、  
前記第 1 の液晶表示パネルと前記第 2 の液晶表示パネルとの間に配置された光拡散手段とを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項 1 5】 ストライプ状の電極を有する第 1 の基板と、  
画素電極を有する第 2 の基板と、  
対向電極の機能を有する第 3 の電極と、  
前記ストライプ状の電極と前記第 3 の電極との間に挟持された高分子と液晶分子とを有する第 1 の液晶層と、  
前記画素電極と前記第 3 の電極との間に挟持された第 2 の液晶層とを具備することを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項 1 6】 ストライプ状の電極を有する第 1 の基板と、  
画素電極を有する第 2 の基板と、  
対向電極の機能を有する第 3 の電極と、  
前記ストライプ状の電極と前記第 3 の電極との間に挟持された高分子と液晶分子とを有する第 1 の液晶層と、  
前記画素電極と前記第 3 の電極との間に挟持された第 2 の液晶層と、  
前記第 1 の基板側に配置されたバックライトと、  
前記画素電極に映像信号を印加する第 1 のドライバ回路と、  
前記ストライプ状の電極に駆動電圧を印加する第 2 のドライバ回路とを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項 1 7】 請求項 1 6 記載の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、  
前記第 2 の液晶層の画像を書き換えた後、前記箇所に対応する第 1 の液晶層に電圧を印加し、前記バックライト

の光を前記第 1 の液晶層に入射する工程を備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法。

【請求項 1 8】 マトリックス状の電極を有する第 1 の基板と、  
共通電極を有する第 2 の基板と、  
前記マトリックス状の電極と前記共通電極との間に挟持された光変調層とを具備することを特徴とする照明装置。

【請求項 1 9】 前記光変調層は、高分子分散液晶層または TN 液晶層であることを特徴とする請求項 1 8 記載の照明装置。

【請求項 2 0】 ストライプ状の電極を有する第 1 の基板と、  
共通電極を有する第 2 の基板と、  
前記マトリックス状の電極と前記共通電極との間に挟持された光変調層とを具備し、  
前記ストライプ状の電極の幅が中央部で狭く、上下部で広いことを特徴とする照明装置。

【請求項 2 1】 マトリックス状の電極を有する第 1 の基板と、  
共通電極を有する第 2 の基板と、  
前記マトリックス状の電極と前記共通電極との間に挟持された光変調層とを具備し、  
前記マトリックス状の電極の大きさは、前記第 1 の基板の中央部にあるものは小さく、周辺部にあるものは大きいことを特徴とする照明装置。

【請求項 2 2】 複数の点灯領域を有する照明装置において、  
複数フィールドで、前記点灯領域を個別に点灯または消灯させることにより、1 枚の液晶表示パネルを照明することを特徴とする照明装置。

【請求項 2 3】 複数のストライプ状の点灯領域を有する照明装置と、  
前記ストライプ状の点灯領域と同数または整数分の 1 の画素行を有する液晶表示パネルとを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項 2 4】 請求項 2 3 記載の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、  
奇数フィールドでは、奇数番目のストライプ状の点灯領域を点灯する工程と、  
偶数フィールドでは、偶数番目のストライプ状の点灯領域を点灯する工程とを備えたことを特徴とする照明装置の駆動方法。

【請求項 2 5】 複数の領域に分割された画像表示領域を有する液晶表示パネルと、  
複数の領域に分割された点灯領域を有する照明装置とを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項 2 6】 請求項 2 5 記載の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、  
所定の第 1 のフィールドでは奇数番目に位置する点灯領

域を点灯する工程と、  
前記第1のフィールドでは偶数番目に位置する点灯領域を点灯する工程とを備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法。

【請求項27】 請求項25記載の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、  
表示画像データにより、前記点灯領域の大きさを能動的に変化する工程を備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法。

【請求項28】 請求項25記載の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、  
同一時刻に2カ所の点灯領域を発生する工程を備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法。

【請求項29】 請求項25記載の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、  
画像表示状態と、全面黒表示状態とを交互に行う工程を備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法。

【請求項30】 マトリックス状に画素が形成された第1の基板と、  
対向電極が形成された第2の基板と、  
前記第1の基板と前記第2の基板との間に挟持された液晶層と、  
前記対向電極に表示画面を黒表示にする信号を印加する対向信号印加手段とを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項31】 マトリックス状に画素が形成された第1の基板と、  
前記画素の画素行方向に形成された複数のストライプ状の対向電極が形成された第2の基板と、  
前記第1の基板と第2の基板間に挟持された液晶層とを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項32】 マトリックス状に形成された画素電極と、  
前記画素電極の画素行方向に形成された複数のストライプ状電極を有する第1の基板と、  
対向電極が形成された第2の基板と、  
前記第1の基板と第2の基板との間に挟持された液晶層とを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項33】 マトリックス状に配置された画素電極と、  
前記画素電極に信号を印加する第1の薄膜トランジスタ素子および第2の薄膜トランジスタ素子と、  
前記画素電極間に配置されたソース信号線と、  
前記画素電極間に配置された第1のゲート信号線と、  
前記画素電極間に配置された第2のゲート信号線と、  
前記ソース信号線に映像信号を印加するソースドライバと、  
第1のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第1のゲートドライバと、  
第2のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第2のゲ

ートドライバとを具備し、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第1のゲート信号線に接続され、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記ソース信号線に接続され、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第2のゲート信号線に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記ソース信号線に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続されていることを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項34】 請求項33記載の液晶表示パネルを用いた液晶表示パネルの駆動方法であって、  
映像信号のブランキング期間に前記第2の薄膜トランジスタ素子をオン状態にする工程と、  
映像信号のデータ期間には前記第1の薄膜トランジスタ素子をオン状態にする工程とを備えることを特徴とする液晶表示パネルの駆動方法。

【請求項35】 マトリックス状に配置された画素電極と、  
前記画素電極に信号を印加する第1の薄膜トランジスタ素子および第2の薄膜トランジスタ素子と、  
前記画素電極間に配置されたソース信号線と、  
前記画素電極間に配置された第1のゲート信号線と、  
前記画素電極間に配置された第2のゲート信号線と、  
前記画素電極間に配置された共通信号線と、  
前記ソース信号線に映像信号を印加するソースドライバと、  
前記共通信号線に信号を印加するリセットドライバと、  
前記第1のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第1のゲートドライバと、  
前記第2のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第2のゲートドライバとを具備し、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第1のゲート信号線に接続され、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記ソース信号線に接続され、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第2のゲート信号線に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記共通信号線に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続されていることを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項36】 マトリックス状に配置された画素電極

と、  
前記画素電極に信号を印加する第1の薄膜トランジスタ素子および第2の薄膜トランジスタ素子と、  
前記画素電極間に配置されたソース信号線と、  
前記画素電極間に配置された第1のゲート信号線と、  
前記画素電極間に配置された第2のゲート信号線と、  
前記画素電極間に配置された共通信号線と、  
第1のソース信号線に映像信号を印加する第1のソースドライバと、  
第2のソース信号線に映像信号を印加する第2のソースドライバと、  
共通信号線に信号を印加するリセットドライバと、  
第1のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第1のゲートドライバと、  
第2のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第2のゲートドライバとを具備し、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第1のゲート信号線に接続され、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記第1のソース信号線に接続され、  
前記第1の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第2のゲート信号線に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記第2のソース信号線に接続され、  
前記第2の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続されていることを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項37】 映像信号の有する、画面の平均輝度、最大輝度、最小輝度のうち少なくとも1つの輝度データに基づき、液晶表示パネルに印加する映像信号の立ち上がり電圧および振幅を可変する第1の演算処理手段と、  
前記映像信号の有する、画面の平均輝度、最大輝度、最小輝度のうち少なくとも1つの輝度データに基づき、照明装置に印加する電圧を可変する第2の演算処理手段とを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項38】 表示領域と、  
前記表示領域の周辺部にポリシリコン技術で形成された第1および第2のソースドライブ回路とを具備し、  
前記表示領域はアモルファスシリコン薄膜を半導体膜としてトランジスタ素子が形成されており、  
周辺部はポリシリコン薄膜を半導体膜としてトランジスタ素子が形成されていることを特徴とするアレキ基板。

【請求項39】 光発生手段と、  
インテグレートレンズと、  
前記光発生手段からの光を偏光変換する偏光変換手段と、  
液晶表示パネルと、  
前記液晶表示パネルの表示画像を拡大して観察者に見え

るようにする拡大レンズとを具備することを特徴とするビューファインダ。

【請求項40】 請求項4記載の映像表示装置と、  
撮像手段とを具備することを特徴とするビデオカメラ。

【請求項41】 液晶表示パネルと、  
円弧状の透明部材と、  
前記透明部材と前記液晶表示パネルの表示画面とをオプティカルカップリングする光結合材とを具備することを特徴とする映像表示装置。

【請求項42】 第1の基板と、  
3つの画素を一組として周期的な反射面とを有する第2の基板と、  
前記第1の基板面に配置された、マイクロレンズアレイと、  
前記第1の基板と第2の基板との間に挟持された液晶層とを具備し、  
前記第1の基板の前記マイクロレンズアレイが配置された面と、前記第2の基板の前記画素が形成された面とが対向していることを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項43】 液晶表示パネルと、  
前記液晶表示パネルの光入射面に配置されたプリズム板とを具備し、  
前記プリズム板は、前記液晶パネルの面方向と直交する方向に対し、所定の角度にかたむいて空気ギャップが形成されていることを特徴とする表示装置。

【請求項44】 放物反射面を有する第1の透明ブロックと、  
前記第1の透明ブロックの光出射面に配置された、くさび状の第2の透明ブロックと、  
前記透明ブロックの略焦点近傍に配置された発光素子とを具備することを特徴とする照明装置。

【請求項45】 請求項44記載の照明装置と、  
液晶表示パネルと、  
前記液晶表示パネルの表示画像を拡大して観察者に見えようにする拡大レンズとを具備することを特徴とするビューファインダ。

【請求項46】 発光素子と、  
前記発光素子からの光を全反射する臨界角の傾斜部を有する第1の透明ブロックと、  
前記傾斜部にわずかな空気ギャップをおいて配置されたくさび状の第2の透明ブロックと、  
前記第1の透明ブロックの一面に配置された反射型の表示パネルとを具備することを特徴とするビューファインダ。

【請求項47】 反射型の表示パネルと、  
前記反射型の表示パネルの光入射面に配置された透明ブロックと、  
発光素子とを具備し、  
前記発光素子からの光は、前記透明ブロックの一面で全反射した後、前記表示パネルに入射することを特徴とす



るビューファインダ。

【請求項48】 請求項9または22に記載の照明装置の全部又は一部の手段の全部又は一部の機能をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録した、コンピュータにより読み取り可能なことを特徴とするプログラム記録媒体。

【請求項49】 請求項10、12または37に記載の映像表示装置の全部又は一部の手段の全部又は一部の機能をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録した、コンピュータにより読み取り可能なことを特徴とするプログラム記録媒体。

【請求項50】 請求項11、13、17、24、26～29のいずれかに記載の映像表示装置の駆動方法の全部又は一部の工程の全部又は一部の動作をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録した、コンピュータにより読み取り可能なことを特徴とするプログラム記録媒体。

【請求項51】 請求項34に記載の液晶表示パネルの駆動方法の全部又は一部の工程の全部又は一部の動作をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録した、コンピュータにより読み取り可能なことを特徴とするプログラム記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、動画ボケ等の画質改善をする表示パネルの照明装置とそれを用いた映像表示装置、直視型でも反射型でも良好な画像を表示できる表示パネルおよびこれらを用いた直視型表示装置、携帯端末、ビューファインダ、ビデオカメラおよび投射型表示装置等に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶表示パネルを用いた表示装置は、小型、軽量でかつ消費電力が少ないため、携帯用機器等に多く採用されている。近年では、液晶表示モニターにも採用されその市場は拡大しつつある。また、液晶表示パネルの画質改善が進み、静止画では実用上問題ないレベルまで同上してきている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】液晶表示パネルに動画を表示させると、画像の尾ひきがあらわれる。この尾ひきとは、たとえば黒バック画面に白いボールが動くと、白いボールのうしろに灰色の影があらわれる現象を言う。本明細書ではこのように尾ひきが発生している状態を動画ボケと呼ぶ。

【0004】動画ボケが発生する原因は大きくわけて2つあると考えられる。第1番目の原因は液晶の応答性である。ツイストネマティック（TN）液晶の場合、立ち上がり時間（透過率が0%から最大を100%として90%になるのに要する時間）と立ち下がり時間（最大透過率100%から10%の透過率になるのに要する時

間）とを加えた時間（以後、この立ち上がり時間＋立ち下がり時間を応答時間内と呼ぶ）は50～80msecである。

【0005】応答時間が速い液晶モードもある。強誘電液晶である。ただし、この液晶は階調表示ができない。その他、反強誘電液晶、OCBモードの液晶は高速である。これらの高速の液晶材料あるいはモードを用いれば、第1番目の原因は対策することができる。

【0006】第2番目の原因は、各画素の透過率がフィールドあるいはフレームに同期で変化することである。たとえば、ある画素の透過率は第1のフィールド（フレーム）の間は固定値である。つまり、1フィールド（フレーム）ごとに画素電極の電位は書きかえられ液晶層の透過率が変化する。そのため、人間が液晶表示パネルの画像をみると眼の残光特性により、表示画像がゆっくりと変化しているように見え、動画ボケが発生する。

【0007】なお、本明細書では1画面が書きかわる周期つまり、任意の画素の電位がつぎに書きかえられるまでの時間をフィールドあるいはフレームと呼ぶ。

【0008】CRTなどの表示装置は、蛍光体面を電子銃で走査して画像を表示する。そのため、1フィールド（1フレーム）の期間において、各画素はμsecオーダーの時間しか表示されない。

【0009】1フィールド（フレーム）の期間、つまり連続して画像が表示されているように見えるのは人間の眼の残光特性によるものである。つまり、CRTでは、各画素はほとんどの時間が黒表示で、μsecのオーダーの時間にだけ点灯（表示）されている。このCRTの表示状態は動画表示を良好にする。ほとんどの時間が黒表示のため、画像が飛び飛びに見え、動画ボケが発生しないからである。しかし、液晶表示パネルでは、1フィールドの期間、画像を保持しているため、動画ボケが発生する。

【0010】本発明は以上のような課題に鑑みてなされたもので、動画ボケの発生しない照明装置、映像表示装置、映像表示装置の駆動方法、液晶表示パネル、液晶表示パネルの製造方法、液晶表示パネルの駆動方法、アレキ基板、表示装置、ビューファインダ、ビデオカメラを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は、ライン状の光発生手段と、前記光発生手段からスリット状に光を出射させる遮光手段と、前記光発生手段または前記遮光手段を回転中心で回転させる回転手段と、前記スリットから出射された光を導光する導光板とを具備することを特徴とする照明装置である。

【0012】また、他の本発明は、導光板と、前記導光板上にマトリックス状に配置された光発生手段と、前記導光板の光出射面に形成または配置された光拡散手段とを具備し、前記光発生手段は、単色光を発生する発光素

子が近接して配置されて構成されていることを特徴とする照明装置である。

【0013】また、他の本発明は、複数の遮光体または反射体を分割して構成された導光板と、前記分割された導光板のそれぞれに形成または配置された光発生手段と、前記導光板の光出射面に形成または配置された光拡散手段とを具備し、前記光発生手段は、単色光を発生する発光素子が近接して配置されて構成されていることを特徴とする照明装置である。

【0014】また、他の本発明は、前述の本発明の照明装置と、前記照明装置からの出射光を変調する液晶表示パネルとを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0015】また、他の本発明は、マトリックス状に凹部が形成された第1の基板と、前記凹部に形成されたブラックマトリックスと、マトリックス状に画素が形成された第2の基板と、前記第1の基板と第2の基板との間に挟持された液晶層とを具備し、前記第1の基板の前記凹部が形成された面と、前記第2の基板の前記画素が形成された面とが対向していることを特徴とする液晶表示パネルである。

【0016】また、他の本発明は、マトリックス状に凹部が形成された第1の基板と、前記凹部に形成されたブラックマトリックスと、マトリックス状に画素が形成された第2の基板と、前記第1の基板と第2の基板との間に挟持された液晶層とを具備し、前記第1の基板の前記凹部が形成された面と、前記第2の基板の前記画素が形成された面とが対向しており、前記ブラックマトリックス上に平滑化膜が形成され、前記平滑化膜上に対向電極が形成されていることを特徴とする液晶表示パネルである。

【0017】また、他の本発明は、光透過性のある第1の基板と、画素電極がマトリックス状に形成された第2の基板とを具備し、前記第1の基板にマトリックス状に凹部を形成する第1の工程と、前記凹部に銀またはアルミニウムを有する金属薄膜を形成する第2の工程と、前記薄膜上に光透過性を有する平滑化膜を形成する第3の工程と、前記第1の基板と前記第2の基板との間に液晶を挟持させる第4の工程とを備えたことを特徴とする液晶表示パネルの製造方法である。

【0018】また、他の本発明は、マトリックス状に凹部が形成された第1の基板と、前記凹部に形成されたブラックマトリックスと、前記第1の基板に形成された付加コンデンサと、マトリックス状に画素が形成された第2の基板と、前記付加コンデンサと前記画素電極とを接続する接続部と、前記第1の基板と第2の基板との間に挟持された液晶層とを具備し、前記第1の基板の前記凹部が形成された面と、前記第2の基板の前記画素が形成された面とが対向していることを特徴とする液晶表示パネルである。

【0019】また、他の本発明は、第1の導光板と、前記第1の導光板に光束を入力する第1の発光手段と、第2の導光板と、前記第2の導光板に光束を入力する第2の発光手段と、前記第1の発光手段および前記第2の発光手段のオンオフを制御する制御手段とを具備することを特徴とする照明装置である。

【0020】また、他の本発明は、第1の導光板と、前記第1の導光板に光束を入力する第1の発光手段と、第2の導光板と、前記第2の導光板に光束を入力する第2の発光手段と、前記第1の発光手段および前記第2の発光手段のオンオフを制御する制御手段と、前記第1の導光板および第2の導光板のそれぞれの光出射面に配置された光拡散手段と、前記光拡散手段の光出射側に配置された液晶表示パネルとを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0021】また、他の本発明は、本発明の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、画面の上半分の画像を書き換えている第1の時間では、前記第1の発光手段を点灯する工程と、画面の下半分の画像を書き換えている第2の時間では、前記第2の発光手段を点灯する工程とを備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法である。

【0022】また、他の本発明は、導光板と、前記導光板の上端部に配置または形成された第1の発光手段と、前記導光板の下端部に配置または形成された第2の発光手段と、前記第1の発光手段および前記第2の発光手段のオンオフを制御する制御手段と、前記導光板の光出射面に配置された光拡散手段と、前記光拡散手段の光出射側に配置された液晶表示パネルとを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0023】また、他の本発明は、本発明の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、液晶表示パネルの画面の書き換えている第1の時間では、前記第1および第2の発光手段をオフ状態にするオフ工程と、液晶表示パネルの画面を書き換えていない第2の時間では、前記第1または第2の発光手段をオン状態にするオン工程とを備え、前記オン工程においては、前記第1の発光手段と前記第2の発光手段とを交互に点灯させることを特徴とする映像表示装置の駆動方法である。

【0024】また、他の本発明は、ストライプ状の電極を有する第1の液晶表示パネルと、映像を表示する第2の液晶表示パネルと、前記第1の液晶表示パネルと前記第2の液晶表示パネルとの間に配置された光拡散手段とを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0025】また、他の本発明は、ストライプ状の電極を有する第1の基板と、画素電極を有する第2の基板と、対向電極の機能を有する第3の電極と、前記ストライプ状の電極と前記第3の電極との間に挟持された高分子と液晶分子とを有する第1の液晶層と、前記画素電極と前記第3の電極との間に挟持された第2の液晶層とを

具備することを特徴とする液晶表示パネルである。

【0026】また、他の本発明は、ストライプ状の電極を有する第1の基板と、画素電極を有する第2の基板と、対向電極の機能を有する第3の電極と、前記ストライプ状の電極と前記第3の電極との間に挟持された高分子と液晶分子とを有する第1の液晶層と、前記画素電極と前記第3の電極との間に挟持された第2の液晶層と、前記第1の基板側に配置されたバックライトと、前記画素電極に映像信号を印加する第1のドライバ回路と、前記ストライプ状の電極に駆動電圧を印加する第2のドライバ回路とを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0027】また、他の本発明は、前述の本発明の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、前記第2の液晶層の画像を書き換えた後、前記箇所に対応する第1の液晶層に電圧を印加し、前記バックライトの光を前記第1の液晶層に入射する工程を備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法である。

【0028】また、他の本発明は、マトリックス状の電極を有する第1の基板と、共通電極を有する第2の基板と、前記マトリックス状の電極と前記共通電極との間に挟持された光変調層とを具備することを特徴とする照明装置である。

【0029】また、他の本発明は、前記光変調層は、高分子分散液晶層またはTN液晶層であることを特徴とする上記本発明である。

【0030】また、他の本発明は、ストライプ状の電極を有する第1の基板と、共通電極を有する第2の基板と、前記マトリックス状の電極と前記共通電極との間に挟持された光変調層とを具備し、前記ストライプ状の電極の幅が中央部で狭く、上下部で広いことを特徴とする照明装置である。

【0031】また、他の本発明は、マトリックス状の電極を有する第1の基板と、共通電極を有する第2の基板と、前記マトリックス状の電極と前記共通電極との間に挟持された光変調層とを具備し、前記マトリックス状の電極の大きさは、前記第1の基板の中央部にあるものは小さく、周辺部にあるものは大きいことを特徴とする照明装置である。

【0032】また、他の本発明は、複数の点灯領域を有する照明装置において、複数フィールドで、前記点灯領域を個別に点灯または消灯させることにより、1枚の液晶表示パネルを照明することを特徴とする照明装置である。

【0033】また、他の本発明は、複数のストライプ状の点灯領域を有する照明装置と、前記ストライプ状の点灯領域と同数または整数分の1の画素行を有する液晶表示パネルとを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0034】また、他の本発明は、前述の本発明の映像

表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、奇数フィールドでは、奇数番目のストライプ状の点灯領域を点灯する工程と、偶数フィールドでは、偶数番目のストライプ状の点灯領域を点灯する工程とを備えたことを特徴とする照明装置の駆動方法である。

【0035】また、他の本発明は、複数の領域に分割された画像表示領域を有する液晶表示パネルと、複数の領域に分割された点灯領域を有する照明装置とを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0036】また、他の本発明は、前述の本発明の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、所定の第1のフィールドでは奇数番目に位置する点灯領域を点灯する工程と、前記第1のフィールドでは偶数番目に位置する点灯領域を点灯する工程とを備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法である。

【0037】また、他の本発明は、前述の本発明の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、表示画像データにより、前記点灯領域の大きさを能動的に変化する工程を備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法である。

【0038】また、他の本発明は、前述の本発明の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、同一時刻に2カ所の点灯領域を発生する工程を備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法である。

【0039】また、他の本発明は、前述の本発明の映像表示装置を用いた映像表示装置の駆動方法であって、画像表示状態と、全面黒表示状態とを交互に行う工程を備えたことを特徴とする映像表示装置の駆動方法である。

【0040】また、他の本発明は、マトリックス状に画素が形成された第1の基板と、対向電極が形成された第2の基板と、前記第1の基板と前記第2の基板との間に挟持された液晶層と、前記対向電極に表示画面を黒表示にする信号を印加する対向信号印加手段とを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0041】また、他の本発明は、マトリックス状に画素が形成された第1の基板と、前記画素の画素行方向に形成された複数のストライプ状の対向電極が形成された第2の基板と、前記第1の基板と第2の基板間に挟持された液晶層とを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0042】また、他の本発明は、マトリックス状に形成された画素電極と、前記画素電極の画素行方向に形成された複数のストライプ状電極を有する第1の基板と、対向電極が形成された第2の基板と、前記第1の基板と第2の基板との間に挟持された液晶層とを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0043】また、他の本発明は、マトリックス状に配置された画素電極と、前記画素電極に信号を印加する第1の薄膜トランジスタ素子および第2の薄膜トランジスタ素子と、前記画素電極間に配置されたソース信号線

と、前記画素電極間に配置された第1のゲート信号線と、前記画素電極間に配置された第2のゲート信号線と、前記ソース信号線に映像信号を印加するソースドライバと、第1のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第1のゲートドライバと、第2のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第2のゲートドライバとを具備し、前記第1の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第1のゲート信号線に接続され、前記第1の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記ソース信号線に接続され、前記第1の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第2のゲート信号線に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記ソース信号線に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続されていることを特徴とする液晶表示パネルである。

【0044】また、他の本発明は、前述の本発明の液晶表示パネルを用いた映像表示パネルの駆動方法であって、映像信号のブランキング期間に前記第2の薄膜トランジスタ素子をオン状態にする工程と、映像信号のデータ期間には前記第1の薄膜トランジスタ素子をオン状態にする工程とを備えることを特徴とする液晶表示パネルの駆動方法である。

【0045】また、他の本発明は、マトリックス状に配置された画素電極と、前記画素電極に信号を印加する第1の薄膜トランジスタ素子および第2の薄膜トランジスタ素子と、前記画素電極間に配置されたソース信号線と、前記画素電極間に配置された第1のゲート信号線と、前記画素電極間に配置された第2のゲート信号線と、前記画素電極間に配置された共通信号線と、前記ソース信号線に映像信号を印加するソースドライバと、前記共通信号線に信号を印加するリセットドライバと、前記第1のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第1のゲートドライバと、前記第2のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第2のゲートドライバとを具備し、前記第1の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第1のゲート信号線に接続され、前記第1の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記ソース信号線に接続され、前記第1の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第2のゲート信号線に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記共通信号線に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続されていることを特徴とする液晶表示パネルである。

【0046】また、他の本発明は、マトリックス状に配置された画素電極と、前記画素電極に信号を印加する第1の薄膜トランジスタ素子および第2の薄膜トランジスタ素子と、前記画素電極間に配置されたソース信号線と、前記画素電極間に配置された第1のゲート信号線

と、前記画素電極間に配置された第2のゲート信号線と、前記画素電極間に配置された共通信号線と、第1のソース信号線に映像信号を印加する第1のソースドライバと、第2のソース信号線に映像信号を印加する第2のソースドライバと、共通信号線に信号を印加するリセットドライバと、第1のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第1のゲートドライバと、第2のゲート信号線にオンオフ電圧を印加する第2のゲートドライバとを具備し、前記第1の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第1のゲート信号線に接続され、前記第1の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記第1のソース信号線に接続され、前記第1の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のゲート端子は前記第2のゲート信号線に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のソース端子は前記第2のソース信号線に接続され、前記第2の薄膜トランジスタ素子のドレイン端子は前記画素電極に接続されていることを特徴とする液晶表示パネルである。

【0047】また、他の本発明は、映像信号の有する、画面の平均輝度、最大輝度、最小輝度のうち少なくとも1つの輝度データに基づき、液晶表示パネルに印加する映像信号の立ち上がり電圧および振幅を変化する第1の演算処理手段と、前記映像信号の有する、画面の平均輝度、最大輝度、最小輝度のうち少なくとも1つの輝度データに基づき、照明装置に印加する電圧を変化する第2の演算処理手段とを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0048】また、他の本発明は、表示領域と、前記表示領域の周辺部にポリシリコン技術で形成された第1および第2のソースドライブ回路とを具備し、前記表示領域はアモルファスシリコン薄膜を半導体膜としてトランジスタ素子が形成されており、周辺部はポリシリコン薄膜を半導体膜としてトランジスタ素子が形成されていることを特徴とするアレイ基板である。

【0049】また、他の本発明は、光発生手段と、インテグレートレンズと、前記光発生手段からの光を偏光変換する偏光変換手段と、液晶表示パネルと、前記液晶表示パネルの表示画像を拡大して観察者に見えるようにする拡大レンズとを具備することを特徴とするビューファインダである。

【0050】また、他の本発明は、前述の本発明の映像表示装置と、撮像手段とを具備することを特徴とするビデオカメラである。

【0051】また、他の本発明は、液晶表示パネルと、円弧状の透明部材と、前記透明部材と前記液晶表示パネルの表示画面とをオプティカルカップリングする光結合材とを具備することを特徴とする映像表示装置である。

【0052】また、他の本発明は、第1の基板と、3つの画素を一組として周期的な反射面とを有する第2の基板と、前記第1の基板面に配置された、マイクロレンズ

アレイと、前記第1の基板と第2の基板との間に挟持された液晶層とを具備し、前記第1の基板の前記マイクロレンズアレイが配置された面と、前記第2の基板の前記画素が形成された面とが対向していることを特徴とする液晶表示パネルである。

【0053】また、他の本発明は、液晶表示パネルと、前記液晶表示パネルの光入射面に配置されたプリズム板とを具備し、前記プリズム板は、前記液晶パネルの面方向と直交する方向に対し、所定の角度にかたむいて空気ギャップが形成されていることを特徴とする表示装置である。

【0054】また、他の本発明は、放物反射面を有する第1の透明ブロックと、前記第1の透明ブロックの光射出面に配置された、くさび状の第2の透明ブロックと、前記透明ブロックの略焦点近傍に配置された発光素子とを具備することを特徴とする照明装置である。

【0055】また、他の本発明は、前述の本発明の照明装置と、液晶表示パネルと、前記液晶表示パネルの表示画像を拡大して観察者に見えるようにする拡大レンズとを具備することを特徴とするビューファインダである。

【0056】また、他の本発明は、発光素子と、前記発光素子からの光を全反射する臨界角の傾斜部を有する第1の透明ブロックと、前記傾斜部にわずかな空気ギャップをおいて配置されたくさび状の第2の透明ブロックと、前記第1の透明ブロックの一面に配置された反射型の表示パネルとを具備することを特徴とするビューファインダである。

【0057】また、他の本発明は、反射型の表示パネルと、前記反射型の表示パネルの光入射面に配置された透明ブロックと、発光素子とを具備し、前記発光素子からの光は、前記透明ブロックの一面で全反射した後、前記表示パネルに入射することを特徴とするビューファインダである。

【0058】また、他の本発明は、前述の本発明の照明装置の全部又は一部の手段の全部又は一部の機能をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録した、コンピュータにより読み取り可能なことを特徴とするプログラム記録媒体である。

【0059】また、他の本発明は、前述の本発明の映像表示装置の全部又は一部の手段の全部又は一部の機能をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録した、コンピュータにより読み取り可能なことを特徴とするプログラム記録媒体である。

【0060】また、他の本発明は、前述の本発明の映像表示装置の駆動方法の全部又は一部の工程の全部又は一部の動作をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録した、コンピュータにより読み取り可能なことを特徴とするプログラム記録媒体である。

【0061】また、他の本発明は、前述の本発明の液晶

表示パネルの駆動方法の全部又は一部の工程の全部又は一部の動作をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録した、コンピュータにより読み取り可能なことを特徴とするプログラム記録媒体である。

【0062】以上のような本発明の照明装置あるいは表示装置は、動画ボケ等を解決するため、表示パネルの各画素の電圧を書きかえるタイミングと、バックライトを駆動する駆動回路とを同期をとって画像表示を行う。バックライトユニット（照明装置）は複数の導光板を並列にならべて配置する。

【0063】導光板のエッジには白色LEDを取り付ける。この白色LEDは3～4本を組みとして順次点灯させ、あるいは1つずつ順次点灯させる。一方、液晶表示パネルの各画素行に印加する（画素電極の電圧を書きかえる）位置も走査する。この走査と白色LEDの点灯とは同期をとる。また蛍光管は、画素に電圧を印加され書きかえられた画素上の液晶層の液晶が十分変化した後、その画素行に対応する導光板のLEDを点灯するようにする。

【0064】このようにLEDの点灯タイミングと液晶表示パネルへ印加する電圧のタイミングとを同期を取る。つまり、液晶の変化が十分変化した領域にのみバックライトから光を照射し、画素を表示するのである。一方で、画素が表示されたい時間が生じる。このためCRTの表示状態と同様の表示状態が実現できる。したがって、動画ボケが改善されるのである。

【0065】

【発明の実施の形態】本明細書において各図面は理解を容易にまたは／および作図を容易にするため、省略または／および拡大縮小した箇所がある。たとえば、（図59）の投射型表示装置では冷却装置（部）等を省略している。以上のことは以下の図面に対しても同様である。また、同一番号または、記号等を付した箇所は、同一もしくは類似の形態もしくは材料あるいは機能もしくは動作を有する。

【0066】なお、各図面等で説明した内容は特に断りがなくとも、他の実施例等と組みあわせることができる。たとえば、（図1）の照明装置を（図93）の表示装置に用いることができるし、（図27）の表示パネルと（図1）の照明装置装置を組み合わせた表示装置を構成することができる。また、（図1）の照明装置を（図91）のビデオカメラ等に採用することもできる。（図99）のPBS871等を（図100）の表示装置に付加することもできる。つまり、本発明書の表示パネル等について各図面および明細書で説明した事項は、個別に説明することなく相互に組み合わせた実施形態の表示装置等を構成できる。

【0067】このように特に明細書中に例示されていなくとも、明細書、図面中で記載あるいは説明した事項、

内容、仕様は、互いに組み合わせて請求項として記載することができる。すべての組み合わせについて明細書などで記述することは不可能であるからである。

【0068】したがって、液晶表示パネルで説明した事項は、本発明のビューファインダまたは投射型表示装置などに適用できる。また、照明装置で説明した事項は照明装置を用いるすべての本発明の直視型あるいは投射型の表示装置に適用できる。また、駆動方法はそれぞれの表示パネル、表示装置に適時適用できることは言うまでもない。また本発明の発光素子を用いていずれのビューファインダなどであっても構成できる。また、本発明の表示パネルの製造方法を用いて製造した表示パネルはいずれの表示装置にも採用することができることは言うまでもない。

【0069】以下、図面等を参照しながら本発明の表示装置等について順次説明していく。(図1)は本発明の照明装置16の平面図を示したものである。導光板(導光部材)14はアクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂などの有機樹脂あるいはガラス基板等から構成される。

【0070】導光板の本数は、図1においてバックライト16の光出射面に配置される、直接図示されない表示パネルの大きさに左右されるが、一般的に表示画面を少なくとも3等分、好ましくは8等分以上に分割して表示する必要があるから、分割数を $n$ (本)とし、表示パネル21の有効表示領域の縦幅を $H$ (cm)とすると次式を満足するようにする。

【0071】

$$5(\text{cm}) \leq H/n \leq 20(\text{cm}) \quad (\text{数式1})$$

さらに好ましくは

$$8(\text{cm}) \leq H/n \leq 15(\text{cm}) \quad (\text{数式2})$$

の関係を満足するようにする。

【0072】(図1)では導光板14のエッジ部に白色LED11等の発光素子を配置するとしているがこれに限定するものではなく、各導光板14ごとに棒状の蛍光管(図示せず)を配置してもよい。また、ELバックライト等を用いて各導光板14を個別に点灯させてもよい。

【0073】 $H/n$ が小さすぎると発光素子11または発光管が多くなり高コストになる。一方、 $H/n$ が大きすぎると表示画面が暗くなり、また、動画ボケが改善されにくくなる。

【0074】また、表示パネルの有効表示領域の横幅を $W$ (cm)とすると、次式を満足させるように構成することが好ましい。

【0075】

$$0.07 \leq W/(H \cdot n) \leq 0.5 \quad (\text{数式3})$$

さらに好ましくは次式を満足させることが好ましい。

【0076】

$$0.10 \leq W/(H \cdot n) \leq 0.35 \quad (\text{数式4})$$

なお、11はLED等とし、141を蛍光管等の棒状の

発光管としているが、これらは相互におきかえてもよい。たとえば、LED11をリニアアレイ状に形成すれば蛍光管となるし、棒状の発光管141を短くすれば、点状のLEDと近似となる。つまり11は点状の光源であり、141は棒状の光源である。その他光源は、ドーナツ状にしてもよいし、円板状にしてもよい。また、面光源であってもよく、また外光を取り込んで導光板等に光を導入するものであってもよい。以上のことから11と141は説明の容易性から使いわけているだけであり、実際にはどちらを採用してもよい。

【0077】また、蛍光管141は熱陰極方式と、冷陰極方式の2つがあるが、熱陰極方式の方が調光することが容易であり好ましい。ただし、熱暴走の危険性があるので、たえず蛍光管に流れる電流をモニターし、過電流防止を制御する必要がある。また、冷陰極管であってもキセノンに1~8%の水素を添加したものを管中に封入することにより、調光が容易となる。ただし、水素をいれると点灯たちあがり時間が遅くなる傾向があるので、その場合は、2~5%のアルゴンガスを添加するとよい。

【0078】(図1)において、導光板14の端部には白色LED11が取り付けられている。白色LEDは日亜化学(株)等が製造、販売を行っている。白色LED11は(図123(a))に示すように背面に放熱板805が取り付けられている。これは白色LED11の効率が悪く発熱が大きいためである。

【0079】白色LEDはそれ自身の温度が高くなると流れる電流量が変化し、発光輝度が変化する。この対策として放熱板805は有効である。なお、白色LED11は定電流駆動を行うことが好ましい。また、白色LED11の温度を検出し、検出されたデータに基づき、白色LED11に流れる電流量を制御するように構成しておくことが好ましい。もちろん、LED11はパルス状にオンオフしてもよい。

【0080】LED11の発光効率が悪いため、投入電力の大部分は熱となる。この熱は放物板805に伝達され、効率よく空気中に放散され放熱される。

【0081】白色LED11から出射する光には色むら／輝度むらがあるため、出射側に拡散シート(拡散板)171を配置または形成する。拡散板171はフロスト加工したガラス板、チタンなどの拡散粒子を含有する樹脂板あるいはオパールガラスが該当する。また、キモト(株)が発売している拡散シート171(ライトアップシリーズ)を用いてもよい。

【0082】拡散板171により色むらがなくなり、また、拡散板171の面積が発光領域となるため、拡散板171の大きさを変更することにより発光面積を自由に設定することができる。拡散板171により発光領域を大きくすれば、輝度は低下するが、導光板14等を均一に照明できる。発光領域を小さくすれば多少むらが発生するが、輝度は高くなる。(図123(b))を参



照) 拡散板 171 は板状のもの他、樹脂中に拡散材を添加した接着剤 72a であってもよく、その他、蛍光体を厚く積層したものでもよい。蛍光体は光散乱性が高いからである。また、蛍光体で光励起させ、色シフトをさせてもよい。これらを含めて拡散板 171 と呼ぶ。拡散部は半球状または円柱状に形成することにより指向性が広がり、また表示領域の周辺部まで均一に照明できるので好ましい。

【0083】この拡散板 171 (拡散シート) がないと、表示画像に色むらが生じるので配置することは重要である。また白色 LED の色温度は 6500 ケルビン (K) 以上 9000 (K) 以下のものを用いることが好ましい。また、(図 123 (b)) のように拡散材入りの接着剤 72a は光結合材 (オプティカルカップリング) として機能する。

【0084】また、白色 LED 11 の光出射側に色フィルタ 1231 を配置または形成することにより発光色の色温度を改善することができる。特に発光素子 11 が白色 LED の場合、青色に強いピークの光がでる帯域があり、また、このピークは LED ごとにバラツキが大きい。そのため、表示パネル 21 の表示画像の色温度バラツキが大きくなる。

【0085】色フィルタ 1231 を配置することにより、表示画像の色温度のバラツキを少なくすることができる。特に発光素子 11 として白色 LED を用いる場合、青色光の割合が多いので表示パネル 21 のカラーフィルタの色にあわせて、重点的に対策する。また、LED 11 から放射された光が効率よく、前面に放射されるように LED 11 の底面等に反射膜 51 を形成する。この反射膜 51 により、裏面に放射された光も前面に反射される。反射膜 51 として Ag を用いる。

【0086】白色 LED 11 から放射された光が効率よく導光板 14 に入射されるように導光板 14 と LED 11 間には光結合材 (オプティカルカップリング材) 126 が塗布または配置される。光結合材 126 は、純水、アルコール、サルチルサンメチル溶液、エチレングリコールなどの液体、シリコン樹脂などのゲル、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリビニールアルコール (PVA) など固体が例示され、主として屈折率が 1.44 以上 1.55 以下の範囲のものが例示される。

【0087】なお、光結合材 126 中に Ti の微粉末などの拡散材あるいは染料、顔料塗料を含有させることにより、色フィルタ 1231 等を用いずとも色温度調整あるいは、色ムラの低減を行うことができる。また、色フィルタ 1231 は吸収型、干渉型 (誘電体多層膜) のいずれのものでも用いることができる。

【0088】白色 LED 11 は他の単一色のあるいは複合色の LED に置き換えることができる。たとえば赤 (R) 色発光の LED 11R、緑 (G) 色発光の LED 11G あるいは、青 (B) 色発光の LED 11B であ

る。このような色の LED を用いれば当然のことながら、照明装置の発光色は単一色等となり白色表示は実現できない。しかし、照明装置とともに用いる表示パネル等がモノクロの場合は実用的な用途としては十分である。もちろん、11R、11G、11B を組み合わせることにより白色発光にしてもよい。これらは、同時に点灯してもフィールドシーケンシャルに点灯させてもよい。

【0089】また、白色 LED 11 はオプトニクス等が製造、販売しているルナシリーズの蛍光発光ランプなどに置き換えることができる。つまり、LED に限定するものではなく、11 は点滅動作のできる発光素子でいずれのものでもよい。たとえば、タングステンランプ、クリプトンランプなどでもよい。また外光を集光したり、EL 素子を用いたりしてもよい。

【0090】なお、(図 123) で説明した内容は、本発明の実施例でも有効である。たとえば (図 98) (図 93) (図 92) (図 90) 等の表示装置が例示される。このように本明細書で記載した事項は、種々の実施例で組み合わせて用いてもよい。

【0091】また、(図 13) に示すように白色 LED 11 は LED アレイ 12 のように一体として構成してもよい。また、LED 11 の光出射面微小な凸レンズを配置、もしくは LED の光出射面に形成してもよい。この場合は、LED 11 の発光チップから放射される光が効率よく導光板 14 に入力される。

【0092】なお、(図 1) の実施例では導光板 14 を板としたが、これに限定するものではなく、たとえば複数枚のシートあるいは板を重ねた構成でもよい。また、(図 7) に示すように多数の光ファイバー 71 を接着剤 72 で固めて一体としたものを用いてもよい。LED 11 から放射された光はファイバー 71 に入力される。光はファイバー 71 中を直線状に、つまり、(図 1) の横方向に伝搬される。

【0093】なお、接着剤 72 は液体等でもよく、また接着剤 72 に光吸収物を添加してもよい。また、金属などで形成してもよい。また、接着剤を用いず、ファイバー 72 のクラッドをたばねただけでもよい。その他、光ファイバーのかわりに、ガラスあるいは樹脂の線材、ビーズなども用いることができる。その他、屈折率異方性のある板、シート、プリズム板等でもよい。つまり、縦方向よりも、横方向に光がよく伝達されるものであればどんなものでもよい。また、導光板に反射膜を形成し、乱反射させて光を横方向に伝搬させるように構成してもよい。また裏面に複数の穴をあけ、均一に照明するように構成してもよい。また、ストライプ状の微小な板を組み合わせたものを用いてもよい。

【0094】(図 7) ではファイバー 72 等をまとめて横長状の導光板 14 に形成するとしたが、これに限定するものではなく、(図 1) の 14a ~ 14e が一体とな

ったような板状であってもよい。また、導光板14の表面等にエンボス加工を行ったり、微細な溝、穴を形成したり、微小なミラーあるいは光拡散材を配置または形成したりしてもよい。また、導光板中に光拡散材を添加したり、色補正用の添加材を加えたりしてもよい。

【0095】(図1)において、発光素子11から放射された光18は導光板14間に配置された反射板15(反射シートあるいは反射部材、反射膜)で反射されて伝達される。反射板15は導光板14の側面および裏面に形成される。

【0096】発光素子11から放射された光18は個々の導光板14内を照明する。したがって、発光素子11aと11fが点灯すれば導光板14aのみが照明体となる。つまり、(図1)の構成を採用することにより横長の照明体(14)を複数並列に配置したことになる。かつ、LED11を順次点灯させれば、導光板14a→14b→14c→14d→14e→14aと順次、点灯または消灯させる(走査)ことができる。なお、走査順序は一方向に限定するものではなく、第1フレームで上から順次点灯し、次の第2のフレームでは下から点灯させてもよい。

【0097】反射板15はフィルム状のものあるいは板状のものをを用いる。これらはシートあるいは板等の上にアルミニウム(Al)、銀(Ag)、チタン(Ti)、金(Au)などの金属薄膜を蒸着したものであり、また金属薄膜の酸化を防止するため、金属薄膜の表面にSiO<sub>2</sub>などの無機材料からなる蒸着膜が形成されている。また、ラミネートしてもよい。また、反射板15として光沢性のある塗料を用いてもよい。その他、誘電体多層膜からなる誘電体ミラーを採用してもよい。また、Alなどからなる金属板を切削したものをを用いてもよい。

【0098】ただし、この反射板15は光を反射するものに限定するものではなく、表面を光拡散する性質のものをを用いてもよい。たとえばオパールガラス等の微粉末を塗布したもの、酸化Ti(チタン)の微粉末を塗布したシートあるいは、板が例示される。また、反射板15の周囲に光拡散材を塗布してもよい。反射板15自身を光拡散材料で形成したり、反射板15の表面を酸化処理し、酸化アルミナを形成(作製)してもよい。

【0099】(図2)は(図1)の一部断面である。

(図2)では金属からなる板を切削加工して凹部24を形成し、この凹部24にAlなどからなる反射膜15を形成した実施例である。この凹部24に導光板14をはめ込んでいる。また、凹部24に液体あるいはゲル等を流しこみ、そのままで用いる、あるいは硬化させることにより導光板としてもよい。

【0100】導光板14の光出射面にはプリズムシート23が配置されている。プリズムシートは導光板14から出射する光の強度を強くする機能を有する。つまり、指向性を狭くする。プリズムシート23はスリーエム社

などが製造販売している。

【0101】また、プリズム板23の光出射面には、拡散シート22が配置されている。拡散シートはプリズム板23の凹凸が表示パネル21を透過して見えないようにするものである。この拡散シート22としては(株)キモトがライトアップシリーズとして製造販売している。なお、プリズム23の凹凸のピッチは1mm以下0.2mm以上にする。

【0102】発光素子11の近傍は光の集中度が高い。そのため発光素子11の近傍の輝度は高くなり、表示ムラとなる。この対策のため本発明の照明装置では(図3)に示すように発光素子3の近傍に光拡散部31を形成もしくは配置している。

【0103】光拡散部31は(図4)に示すように円形あるいは、四角形の光拡散ドット41から構成される。光拡散ドット41は導光板14の表面等に直接にあるいは、別に配置した拡散シート22上に形成される。

【0104】導光板14の表面あるいは表示パネル21と導光板14間に配置したシート22上に、光拡散部31を形成または配置する。光拡散部31とは本来の光を拡散して表示パネル21に到達する光を減少させる機能を有するものである。その他、金属膜などで直接光を遮光して表示パネル21に到達する光を減少させるものが含まれる。つまり、減光により輝度ムラを調整するものでもよい。

【0105】光拡散部31は(図3)に示すようにLED11の近傍は円もしくは円弧状に大きく形成し、LED11から離れた位置は小さく形成する。また、光拡散部31はスモークガラスのように全体にわたり光透過、あるいは光直進率を低下させる構成でもよい。光拡散ドット41はLED11に近いところを大きく、遠いところは小さくする。このように光拡散部31を形成することにより、バックライト16の照明光は全領域にわたり均一となる。

【0106】導光板14の表面から放射される光は、発光素子11の近傍が多くなり、中央部は少なくなる。この課題に対応するため、本発明では(図5)に示すように導光板14の表面に光拡散部材(光拡散ドット)51を形成している。なお、光拡散部材51は(図4)でも説明したように遮光するもの(反射膜)でもよい。

【0107】(図5(a))の実施例では、導光板14等に点状の光拡散部材を形成もしくは配置している。導光板14の中央部の光拡散部材の面積は大きくし、周辺部(LED近傍)は面積を小さくする。なお、51が反射膜の場合はこの逆とする。また、(図5(b))に示すように、光拡散部材51はストライプ状としてもよい。この場合も、導光板14の中央部の光拡散部材の面積は大きくし、周辺部(LED近傍)は面積を小さくする。また(図5(a))と同様に51が反射膜の場合はこの逆とする。また、LEDを平面状に形成したり、視



覚的にみえないような輝度分布をもたせたりしてもよい。また、LED自身に遮光膜あるいは反射膜等を形成してもよい。また、LEDに塗布する蛍光体に膜厚分布をもたせてもよい。

【0108】(図6(a))は反射板15に反射機能をもたせていない。単なる導光板14と導光板14を保持する筐体として用いる。反射膜61は導光板14の側面および裏面にAl、Agなど蒸着して形成している(反射膜51)。反射膜61は導光板14に直接形成する他、アルミニウム(Al)あるいは、銀(Ag)を蒸着した反射シートを導光板14にはりつけてもよい。また、導光板14と筐体15間に配置してもよい。このような反射シートはスリーエム社がシルバーラックスという商標名で販売している。

【0109】(図6(b))は導光板14の内部を中空とした構成である(中空部62)。このように導光板14の内部を中空とすることにより、照明装置を軽量化することができる。その他、中空部に液体あるいはゲルを挿入しておいてもよい。これら液体あるいはゲルとして、水あるいはエチレングルコール等が例示される。液体あるいはゲルは樹脂よりも比重が小さいため先と同様に照明装置の軽量化を図ることができる。もちろん、中空部62に紫外線硬化樹脂などを充填してもよい。また、中空部62に光拡散材などを添加したり、光拡散材を充填してもよい。光を吸収する色素などを添加してもよい。

【0110】なお、中央部62に挿入する水あるいはゲルには水酸化ナトリウムなどを添加しておき、PHを10以上13以下、さらに好ましくは10.5以上12.5以下としておく。このように挿入する水あるいはゲルをアルカリ性としておくことにより、これらの液体が漏れでたとしても、反射膜61などを酸化させることが少なくなり、また安定である。アルカリ性にするには、水あるいはゲル中に水酸化ナトリウムなどを添加すればよい。

【0111】また(図6)において、ケース14はガラス材料で形成する他、アクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂で形成してもよい。その他、アクリル系、UV樹脂を硬化させて形成してもよい。

【0112】なお、本発明の照明装置16において有効な光出射領域以外(無効領域)には、反射板あるいは光吸収部材を形成しておくことが好ましい。また、14を液晶層とし印加電圧により、光出射状態あるいは光拡散状態を変化させてもよい。

【0113】(図1)等を示す本発明の照明装置と表示パネル21とを組み合わせることにより、動画ボケのない表示装置を構成できる。

【0114】表示パネル21は説明を容易にするためOCBモード(Optically compensated Bend Mode)の液晶表示パネルを用いるとして説明する。ただし、他のT

Nモード等の液晶表示パネルも用いることができる。たとえば、高速応答のOCBモードまたは、メルク社の高速TN液晶、またはシャープが提案するASVモード、強誘電性液晶、反強誘電性液晶等を用いてもよいことは言うまでもない。

【0115】さらには、高分子分散液晶(PDLC、PNLC、N-CAP)、ECB(Electrically Controlled Birefringence)モード、垂直配向(VA:Vertically Aligned)モード、EOC(Electrically-induced Optical Compensation)モード、IPSモード、STN液晶、DAPモード、ASM(Axial Symmetric Micro-Cell)モードなども用いることができることは言うまでもない。その他、複合したものとして、コレステリック・ネマティック相転移型液晶に2色性色素を添加したゲストホスト液晶等でもよい。

【0116】表示パネル21の光変調層226がOCBモードの場合、電源投入直後時に矩形あるいは正弦波状の電圧を印加する必要がある。電圧の大きさは $\pm 5$

(V)以上 $\pm 15$ (V)以下とすることが好ましい。また、電圧の周波数は40(Hz)以上100(Hz)以下とすることが好ましい。

【0117】発光素子11を順次点灯させて(順次消灯させて)照明装置16を駆動する。(図8)において、81は非点灯部(発光素子11が点灯状態でない導光板14部)であり、82は点灯部(発光素子11が点灯状態である導光板14部)である。

【0118】1つの照明装置において非点灯部81の面積 $S_1$ と点灯部82の面積 $S_2$ との関係は次式の間を満足させることが好ましい。

【0119】
$$0.075 \leq S_2/S_1 \leq 1.6 \quad (\text{数式5})$$

さらに好ましくは、次式の間を満足させることが好ましい。

【0120】
$$0.1 \leq S_2/S_1 \leq 0.8 \quad (\text{数式6})$$

$S_2/S_1$ の値が小さいほど動画ボケは小さくなり、良好な動画表示を実現できる。しかし、0.075より小さいと画面が暗くなりすぎる。一方 $S_2/S_1$ の値が大きいほど、動画ボケが大きくなる。

【0121】(図8)に示すように点灯部82の位置を画面上から下に順次移動させていく。この移動と同期させて表示パネルの画像表示を変化させる。また、バックライトの点灯は、液晶の応答性を考慮して行う。つまり、液晶が十分に目標、透過率になった後にその位置のバックライトを点灯させる。

【0122】一般的に表示パネルを見る環境(室内)が明るいと表示画面を明るくする必要がある。その際は発光素子11の点灯個数を増加させる。表示画面が明るく、かつ室内が明るい場合、動画ボケは見えにくい。一方、環境(室内)が暗いと表示画面の輝度を低下させな

いと観察者の眼がつかれる。その際は発光素子11の点灯個数を減少させる。表示画面が暗くかつ室内が暗い場合、動画ボケが見えやすい。点灯個数を減少させることにより表示画面が黒表示される期間が長くなるため、動画ボケが改善される。

【0123】このように発光素子11の点灯個数を変更するにはユーザが自由に利用できるリモートコントローラあるいは、切り換えスイッチ等を用いて手動で行う他に、外光（周囲光）の強度をホトセンサ（図示せず）で自動検出し、この検出結果により自動で行ってもよい。ホトセンサとしてはPINホトダイオード、ホトトランジスタ、CdSが例示される。

【0124】外光が明るい時は、LED11を多く点灯し、画面を明るくする。外光が暗いときはその逆である。また、表示画像の種類（静止画、動画、映画）に応じて手動あるいは自動で変化させてもよい。

【0125】以下は、特に点灯部82に注目して説明を行う。（図8）の（b）→（c）→（d）→（a）でもわかるように点灯部の走査は画面上部Uから画面下部D方向に行う。この状態を横方向から見た図が（図9）である。また、（図9）において、Aの範囲がある時刻（時間）で観察者に画像として見えている範囲である。

【0126】表示パネル21の液晶層23bは画素に書き込まれる電圧によって1フレームの期間所定の透過率となっている。そのため、バックライト16の全体が発光していれば、表示パネル21の表エリアA領域（画像が見えている領域）となる。しかし、本発明のバックライトではある時刻においては一部しか点灯しないため、A領域は限られた範囲となる。

【0127】液晶表示パネル21は画素行ごとに画像データをかきかえていく。（図9）において、表示パネル9に画像を書き込んでいる点（ライン、つまり画素行）をSで示す。画像を書き込むとは、表示パネル21が液晶表示パネルの場合、該当ラインのゲート信号線にスイッチング素子としての薄膜トランジスタ241（TFT）をオンさせる電圧（オン電圧）が印加され、このゲート信号線に接続された画素に電圧が書き込まれることを意味する。書き込まれた電圧は次に書き込まれるまでの間（1フレームもしくは1フィールド）は保持される。

【0128】画素上に液晶は画素に電圧が印加されても、すぐに目標の透過率とはならない。TN液晶では液晶の立ち上がり時間は約25～40msecである。OCBモードでは2～5msecである。この立ち上がり時間は透過率が変化している状態（以後、透過率変化状態と呼ぶ）であるので、変化している状態が表示装置の観察者（使用者）に見えることは好ましくない。また、透過率が変化している状態が見えると動画ボケの原因となる。

【0129】本発明ではこの透過率変化状態の部分はバ

ックライトを消灯する。一方、完全に透過率が目標透過率となった状態（以後、透過率目標状態）の部分ではバックライトを点灯させる。そのため、動画ボケ等が発生せず、良好な画像表示を実現できるものである。また、動画ボケが改善されるのは画像表示→黒表示→画像表示→黒表示と表示させる方法も多いに寄与していることは言うまでもない。

【0130】（図9）でも明らかなように、（図9（a））の状態では画像が書き込まれている点Sより下側Aの範囲のバックライトが点灯している。このAの部分は、電圧が書き込まれる直前であるから、画素に電圧が印加されてから、十分な時間が経過している。そのため、Aの部分は透過率目標状態である。

【0131】以後、（図9（a））→（図9（b））→（図9（c））→（図9（d））→（図9（a））→（図9（b））とくりかえされる。いずれも、画素に電圧が印加されてから十分な時間が経過してから、Aの領域のバックライト14が点灯する。そのため良好な画像を表示できる。

【0132】なお、（図9）において点Sのすぐ下の部分のバックライトを点灯（Aの部分）させるとしたが、これに限定するものではない。Aの部分は液晶等が透過率目標状態あるいはその類似状態で点灯させることを意味するものである。したがって、画素に電圧を印加してから所定時間経過した後であればいずれの位置でもよい。また、Aの部分は完全に連続している必要はなく、複数の部分に分割されていてもよい。また、Aの部分は完全に連続している必要はなく、所定距離はなれた複数の部分から構成されていてもよい。また、A以外の部分は完全に消灯状態でなくてもよい。たとえば、透過率が10%などでもよい。

【0133】バックライトのAの部分の点灯周期と、表示パネル21の画面を書きかえる周期（書き換え周期）とは一致させる。通常液晶表示パネルの場合は周期は50Hzまたは60Hzである。しかし、50Hz～60Hzであれば、表示画面がフリッカ状態となることがある。このとき、書き換え周期は70Hz以上180Hz以下とすることが好ましい。中でも80Hz以上150Hz以下とすることが好ましい。この周期を実現するため、液晶表示パネルに印加する映像データは一度、デジタル化してメモリに記憶させる。そして時間軸変換をおこない、目標の書き換え周期で画像を表示する。

【0134】このようにフリッカが発生するのは、液晶表示パネルの液晶に正の電圧を印加した状態と負の電圧を印加した状態との異方向特性により、あるいはバックライトの点灯同期と液晶表示パネル21の書き換え同期とのずれにより、書き換え周期の1/2の周波数があらわれるためと考えられる。つまり、書き換え周期が50Hzであれば25Hz、60Hzであれば30Hzの成分があらわれる。この関係を測定したものを（図11）

に示す。(図11)のグラフは横軸を周波数 $f$ としている。この周波数は書き換え周期の $1/2$ の周波数としている。縦軸は表示パネル21を見たときのちらつき視感度係数 $A_n$ としている。

【0135】つまり、(図11)のグラフは点灯周期と書き換え周期とを一致させた上、これらの周期(周波数 $f$ の2倍)を変化させた時を示している。最もちらつきが大きく感じられる時を1.0に規格化している。

【0136】(図11)のグラフより10Hz(書き換え周期は20Hz)のとき、最もちらつきが大きいと感じられる。しかし、ちらつきは30Hz近傍で急激に少なくなる。40Hzではほぼ、ちらつきを感じなくなる。この結果より、表示パネルの書き換え周期は70Hz以上、好ましくは80Hz以上とすることが好ましい。90Hz以上とすれば完全である。

【0137】上限の周波数は表示パネルの駆動回路の処理速度に左右される。60Hzの3倍の180Hz(3倍速)が技術上の限界であろう。NTSCあるいはVGAレベルではそれ以上の4倍速も実現できないが、高速回路部品が必要となるなど、コストが高くなる。好ましくは75Hzの2倍の150Hz以下とすべきであろう。さらに低コスト化を望むのであれば、50もしくは60Hzの2倍の100Hzあるいは120Hz以下とすべきである。また、回路構成の容易性から通常の駆動の2倍が好ましい。つまり、 $50\text{Hz} \times 2 = 100\text{Hz}$ 、 $60\text{Hz} \times 2 = 120\text{Hz}$ 、あるいは $75\text{Hz} \times 2 = 150\text{Hz}$ となる場合が多いであろう。このことから、表示パネルの書き換え速度は通常時(従来時)の2倍の周波数とすべきである。

【0138】(図10)は、本発明の表示装置の駆動回路の説明図である。表示パネル21にはゲート信号線に順次オン電圧を印加するゲートドライバ101および、ソース信号線に映像信号を印加するソースドライバ102が積載されている。このドライバ101、102はドライバコントローラ103により制御される。つまり、このドライバコントローラ103により表示パネル21の書き換え周期が制御される。

【0139】一方、バックライト16の端に取り付けられたLEDアレイ12はLEDドライバ104に接続されている。LEDドライバ104はバックライトコントローラ105により制御される。したがって、バックライトコントローラ105によりバックライトの点灯周期が制御される。

【0140】バックライトコントローラ105とドライバコントローラ103は映像信号処理回路106により同期を取って制御される。そのため、書き換え周期と点灯周期とは同期化される。

【0141】以上のように同期化することにより、表示パネル21の画像表示領域107には動画ボケのない良好な画像が表示される。しかし、画像は静止画の場合も

ある。たとえばパーソナルコンピュータの表示パネルは主として静止面を表示する。静止画の場合において、前述の駆動方法を実施するとその害としてラインフリッカが表示される。静止画で発生するラインフリッカは画質を劣化させる。画面に見づらくなるからである。

【0142】静止画を表示する場合、たとえば、本発明の表示装置をパーソナルコンピュータのモニターとして使用する場合は、バックライトコントローラ105を制御して静止画表示モードにする。

【0143】この静止画表示モードとは、(図9)で説明したような書き換え周期と点灯周期とを同期をとらずに行う方法である。もちろん、同期をとってもよいが、表示パネル21を書きかえる周期に比較して、バックライト16の点灯周期を2倍以上にする。ただし、6倍以上とする。一般的にLEDの点灯周期を書き換え周期よりも速くする。好ましくは書き換え周期の1.5倍以上12倍以下にする。さらに好ましくは2倍以上6倍以下にする。

【0144】この際、(図8)で説明した動画表示時の点灯部82と非点灯部81との割合は同一にする。変化させると、動画表示モードから静止画表示モードに切り換えた際、画面の輝度に変化してしまうためである。ただし、LEDの点灯周期を変化させると、LEDの点灯に要する時間などにより、画面の輝度が変化する場合がありますので、LEDへの印加電流量を微調整させるユーザスイッチまたはユーザボリュームを設けておくことが好ましい。また、動画表示モードから静止画表示モードに切り換えた時の輝度変化をあらかじめ測定しておき、表示モードを切り換えた際に自動的にセットアップできるように構成しておいてもよい。これらは表示装置に内蔵するマイクロコンピュータのソフトウェアにより容易に実現できる。

【0145】点灯周期を速くすれば、バックライト16が点滅動作していることは観察者から認識されなくなる。かつ、表示画面の書き換え周期と同期を取っていないのでラインフリッカの発生はない。この状態で動画を表示すれば当然に動画ボケ等が発生する。しかし、静止画の表示であるから問題はない。また、同期をとっても、バックライトの点滅周期を高速にすれば、フリッカの発生は視覚(知覚)されなくなる。

【0146】(図9)のような動画表示モードと、先に説明した静止画表示モードはユーザスイッチ108により切り換えできるように構成しておくことが好ましい。また、フレーム間の画像データを演算することにより、動画表示状態か静止画表示状態か、もしくは動画表示状態モードにする方が適切か、静止画表示状態モードにする方が適切かを自動的に判定し、スイッチ108をマイクロコンピュータ(図示せず)等が切り換えるように構成しておいてもよい。動画表示か否かの検出はクリアビジョンテレビなどのID技術(動画領域検出技術)とし

て確立している。

【0147】また、一定時間以上表示装置を使用しない場合は、画面輝度を低下させるように設定しておいてもよい。画面輝度を低下させるには、(図8)に示す点灯部82の面積を少なくすればよい。これは発光素子11の点灯個数を減少させることにより容易に実現できる。この制御もマイクロコンピュータのタイマー回路を利用することにより容易に実現できる。また、表示パネルを接続したパーソナルコンピュータなどを一定期間使用しない時は、自動的にバックライト16の電源をオフするか、もしくは減光するようにしておく为好ましい。

【0148】(図1)の実施例は導光板14の両端に発光素子11を取りつけたものであった。しかし、この構成に限定するものではなく、(図12)に示すように導光板14の片端に発光素子11を配置してもよい。この際は(図12)の11aと11dとの関係のように、互いに導光板14の反対面に発光素子11を配置するとよい。照明装置16の左右の輝度分布の発生を抑制するためである。

【0149】(図12)の構成では、発光素子11が取り付けられていない導光板14の反対端には $\lambda/4$ 板( $\lambda/4$ フィルム)121が取り付けられている。また、 $\lambda/4$ 板の裏面には反射膜51bが形成もしくは配置されている。この $\lambda/4$ の $\lambda$ とは発光素子11が発生する主波長(nm)もしくは強度中心波長(nm)である。たとえば、 $\lambda=550\text{nm}$ である。したがって、 $\lambda/4$ とは主光線の波長 $\lambda$ の略1/4の位相差もしくはその近傍の位相差を有するフィルムを意味する。

【0150】 $\lambda/4$ 板121に入射した光は反射膜51bで反射され、再び $\lambda/4$ 板から出射して導光板14に入射する。この際、入射光の位相は90度(DEG.)回転する。つまり、P偏光はS偏光に、S偏光はP偏光に変化する。また、表示パネルに用いる偏光板は反射タイプのものを用いてもよい。このタイプは透過しない偏光成分を反射するものである。

【0151】本発明の照明装置の前面に偏光方式の表示パネルを用いる場合は、P偏光もしくはS偏光の一方の偏光のみを使用する。(図12)のように偏光を回転させる $\lambda/4$ 板121を配置することにより、表示パネル21を透過する偏光成分の役割が多くなる。したがって、高輝度表示を実現できる。これは表示パネルの偏光板を通過しない偏光成分の一部が反射されて、導光板14内に再びもどるためと考えられる。

【0152】もちろん、後に説明するが、(図9)に示すような偏光ビームスプリッタ(以後、PBSと呼ぶ)871を、発光素子11の光出射面に配置してもよい。導光板14にはP偏光もしくはS偏光の一方の偏光成分のみが入射し、 $\lambda/4$ 板121の作用し合い、光利用効率が向上し、画像表示が良好となる。

【0153】発光素子11としての白色LED(light

emitting diode)11は日亜化学(株)がGa N系青色LEDのチップ表面にYAG(イットリウム・アルミニウム・ガーネット)系の蛍光体を塗布したものを販売している。その他、住友電気工学(株)が、ZnSe材料を使って製造した青色LEDの素子内に黄色に発光する層を設けた白色LEDを開発している。

【0154】なお、発光素子として白色LEDに限定するものではなく、たとえばフィールドシーケンシャルに画像を表示する場合は、R、G、B発光のLEDを1つまたは複数のLEDを用いればよい。また、R、G、BのLEDを密集あるいは並列に配置し、この3つのLEDを表示パネルの表示と同期させてフィールドシーケンシャルに点灯させる構成でもよい。この場合は、LEDの光出射側に光拡散板を配置することが好ましい。光拡散板をはい位置することにより色ムラの発生がなくなる。また、R、G、Bの3原色のLEDを同時に発光させて白色光を形成してもよい。

【0155】以上の実施例は導光板14間を区切る反射板(又は、遮光板15)を有する構成であったが、これに限定するものではなく(図13)に示すように一枚の導光板14を用いたものでもよい。もちろん、遮光部15を形成してもよいことは言うまでもない。

【0156】(図13)において、導光板14の両端にLEDアレイ12が配置または形成されている。LEDアレイ12はLED素子が連続状に形成されている。このLED素子はLEDドライバにより点灯位置が走査される。この走査により点灯部Aが矢印方向になめらかに移動する。この構成でも、(図9)の表示方法を実現できる。ただし、(図13)では反射板15がないため、どうしてもLED素子12近傍が明るく、中央部が暗くなる。

【0157】この課題に対応するため、(図4)に示す光拡散ドット41を形成または配置し、(図5)に示すように導光板14の中央部と周辺部とでは反射膜51もしくは光拡散部材の面積を異ならせる。

【0158】なお、(図13)において、LED11を複数の組にして点灯すれば、(図1)と同様のバックライト16の駆動方法を実現できる。また、(図13)で説明したように各LED11を順次走査し、この走査周期を表示パネル21の画像書き換え周期と同期をとり(図9)に示す方法を採用すれば、導光板14の点灯の区切りが視覚されず、良好な画像表示を実現できる。また、LEDアレイ12は白色に限定するものではなく、R、G、BのLEDがアレイ状に形成されたものでもよい。その他、白色の発光素子にR、G、Bのカラーフィルタが付加されたものでもよい。

【0159】以上の実施例は白色LED11を用いて導光板を照明するとしたが、これに限定するものではなく、(図16)に示すように棒状の蛍光管141も採用することができる。その他、東北電子(株)の微小蛍光ラン

ブやオプトニクス（株）のルナシリーズの蛍光灯や、双葉電子（株）の蛍光発光素子あるいは、松下電工（株）のネオン管等を発光素子11として用いてもよい。その他、メタルハライドランプ、ハロゲンランプなどの放電ランプからの光を光ファイバーで導き、これを発光素子（部）としてもよく、太陽光などの外光を発光素子（部）としてもよい。

【0160】（図16（a））では蛍光管141を2本用いた構成例である。蛍光管141aと141bとは交互に点灯させる。（図14（b））は蛍光管141を4本用いた構成例である。発光素子11としての蛍光灯は141a→141b→141c→141d→141a→と順次点灯させる。また141a、141bの組と、141c、141dとの組で交互に点灯させる。その他の点灯方法として141aと141cの組と、141bと141dとの組で交互に点灯させてもよい。以上の事項は（図1）（図6）（図12）（図13）の実施例等にも適用することができる。

【0161】以上のように（図16）の構成でも（図8）の点灯方法は実現できる。ただし、（図16（a））は2分割であり、（図8（b））は4分割である。分割数を増大させることにより、より走査状態に近い点灯方法を実現できる。なお、（図16）で遮光板15を配置しているが、なくともよい。ただし、分割数が多くなると、相対的に表示画面の輝度が低下するので、各発光素子に一時的に投入する電力量は多くなる。

【0162】また、蛍光管141を用いて、（図13）に示すような走査方式のバックライト16を実現するためには、（図14）のごとく構成すればよい。

【0163】なお、蛍光管141は冷陰極方式よりも熱陰極方式を用いることが好ましい。これは、蛍光管の明るさを調整しやすいからである。蛍光管141の明るさを調整することにより、バックライト16の輝度を自由にコントロールできるようになる。たとえば、外光の明るさを検出し、バックライト16の輝度を変更できる。

【0164】また、導光板の一部を表示パネル21の映像内容にあわせて明るさの強弱をつけることができる。たとえば、（図1）において、導光板14c、14dの位置に該当する表示パネル21（図示せず）の画像が明るい場合、導光板14c、14d他の導光板よりも明るくする。このことはLED11においても同様である。

【0165】（図14）において、蛍光管141はパルスモータあるいはDCモータ143と接続されている。蛍光管141は中心を軸143としてモータ143により回転できるように構成されている。また、蛍光管141は導光板14のエッジ部に配置されている。

【0166】蛍光管14は（図15）に示すように、その表面に遮光膜146が形成されている。また、ライセンス状に光出射部145が形成されている。また、導光板14が配置された他の側にはAgあるいはAlからな

る反射膜が形成された反射板144が配置され、光出射部145から放射された光を効率よく、導光板14に入射できるように構成されている。

【0167】蛍光管141はモータ143により回転する。回転は、表示パネルの書き換えタイミングと同期を取る。蛍光管141は1回転するごとに光出射部145が紙面の左から右に移動する。したがって、（図13）に示すように点灯部82（A）を上下方向に移動させることができる。

【0168】なお、（図14）において、蛍光管141を回転させるとしたがこれに限定するものではなく、蛍光管141は固定にしておき、その外周部に光出射部145を有する円筒を配置し、この円筒をモータ143で回転させてもよい。また出射部145に赤（R）、緑（G）、青（B）等のカラーフィルタを形成し、（図118（b））に示すようにR、G、Bの発光位置を走査したのと同様のことを実現できる。また、蛍光管146の回転速度を高くすることにより走査時間を速くすることができる。

【0169】なお、（図14）（図16）等では、蛍光管141は導光板14のエッジ部に一列に配置するとしたが、これに限定するものではなく、（図122）に示すように複数本の蛍光管141を配置してもよい。このことはLED11等にも適用することができる。

【0170】（図122（a））では導光板14のエッジ部に3本の蛍光管141を配置している。蛍光管141Rは赤色発光の蛍光管であり、蛍光管141Gは緑色発光の蛍光管である。また、蛍光管141Bは青色発光の蛍光管である。蛍光管141のケース1221により取り囲まれている。

【0171】ケース1221の円面にはAgあるいはAlからなる反射膜51が形成されている。また、（図122（b））に示すように反射膜51と蛍光管141間に光散乱樹脂171を形成してもよい。このようにケース1221内に反射膜51および光散乱樹脂171を形成することにより蛍光管141から放射された光が良好に混ざり合い、導光板14に導入（入力）される。

【0172】（図122（a））において、蛍光管141R、141G、141Bはフィールドシーケンシャルに順次にあるいは交互に点灯させてよいし、また、3本あるいは2本を同時に点灯させてもよい。3本同時に点灯させれば、赤、緑、青の発光色が混ざり合い白色となる。また、2本同時であれば原色の中間色となる。また、各蛍光管141の強弱を変化させれば、導光板14に入力される光の色温度を制御（調整）できる。蛍光管141は3本に限定するものではなく、（図122（b））のように4本以上でもよい。また、2本でもよいことは言うまでもない。

【0173】発光色はR、G、Bに限定されるものではなく、シアン、イエロー、マゼンダのような他の色でも

よい。また、複数本の蛍光管141の発光色が白色でもよい。複数本が白色の場合、蛍光管の点灯本数を変化させることにより、導光板14の表面輝度を変化できる。また、(図122(b))のように導光板14の両端に蛍光管141を配置してもよい。

【0174】なお、(図122(b))では蛍光管141Wは白色(W)発光する。したがって、本発明の照明装置と表示パネルを組み合わせて表示装置を構成した時、表示パネルがカラーフィルタを具備する時は蛍光管141Wをオンオフさせる。表示パネルがモノクロの場合、蛍光管141R、141G、141Bをフィールドシーケンシャルにオンオフし、カラー表示を行うことができる。

【0175】以上の実施例は導光板の一端部あるいは両端部に蛍光管141を配置したものであったが、これに限定するものではなく、(図121)に示すように各端部に蛍光管を配置してもよい。また(図121)はR、G、B、Wの発光を行う蛍光管を各1本ずつ用いるとしたが、これに限定するものではなく、4本すべてがW発光としてもよい。また、2本をG発光、R、Bを1本ずつとしてもよい。

【0176】以上の実施例はR、G、B、W発光を行う蛍光管を用いた実施例であったが、これに限定するものではなく、(図117)に示すようにR、G、B発光のLED11を各導光板14に配置してもよい。また、(図118(a))のようにR、G、B、W発光のLED11を用いてもよい。また、(図13)と同様に(図118)に示すようにR、G、Bあるいは、R、G、B、W等の多色のLED11をアレイ状に形成もしくは配置してもよい。

【0177】また、R、G、B、WなどのLED素子と蛍光管あるいはEL素子などの他の発光素子とを混在して用いてもよい。たとえば、局部照明をLED素子で行い、全体照明を蛍光管で行う構成でもよい。たとえば、導光板14のエッジ部に蛍光管を配置し、導光板14面に分散させてLED素子を配置する構成、導光板14の裏面にELバックライト(図示せず)を配置し、有機あるいは無機ELバックライトと導光板間にLED素子を配置する構成が例示される。

【0178】なお、以上は導光板14等に発光素子11、141等を用いて、光を入射させる構成であった。しかし、導光板14の部分を点灯あるいは消灯するという構成は他の方式によっても実現できる。たとえば、EL(エレクトロルミネッセンス)による方式(ELバックライト)が例示される。(図1)の導光板14のかわりに複数のELを用い、これをバックライトとする構成である。EL(14a~14eと考える)を順次点灯させることにより、(図8)の点灯状態を実現できる。つまり、バックライトとはEL等の事故発光タイプを含む概念である。なお、その他の自己発光型のものとして

平面蛍光ランプなども例示される。また、双葉電子(株)が製造している蛍光表示管(FEDなど)でもよい。その他、蓄光型(たとえば、蛍光塗料)のバックライトなどを用いてもよい。これも自己発光型である。

【0179】なお、自己発光型のものを用いる構成は、(図17)などの構成も類似適用することができることは言うまでもない。

【0180】以上の実施例は導光板14の端に発光素子11を配置または形成した構成である。(図17)の構成は導光板14の裏面に発光素子11を配置した構成である。なお、(図17(b))は(図17(a))のa-a'線での断面図である。

【0181】導光板14の裏面にはLED11を挿入する穴が形成されている。LED11は(図18)に示すように、穴の一部に形成された突起181によりはさみこまれ、一度挿入されると抜けないように構成されている。

【0182】また、LED11の端子電極173と導光板14の裏面に形成された電極パターン172とはボンダ線182で接続されている。電極パターン172はA1もしくはAgで形成されている。そのため、導光板14の裏面に配置された反射膜としても機能する。そのため、導光板14の裏面の全面にかつ、極力すきまがないように形成されている。LED11にはこの電極パターン172a(正極)、172b(負極)により電流が供給される。また、電極パターン172を大きくすることにより低抵抗化も望める。電極パターン172の表面は酸化を防止するため、表面SiO<sub>2</sub>などの絶縁膜(酸化防止膜)を形成しておくことが望ましい。

【0183】なお、電極パターン172は透明材料(ITO等)で形成してもよい。この場合は(図17

(b))に示すように導光板14の裏面に反射シート15を配置する。また、導光板14に直接LEDチップを形成したり、マウント(積載)したりしてもよい。また、ITOの裏面に干渉膜(単層、多層)からなる反射防止膜を形成してもよい。また、LED11の光出射面にレンズを形成し、集光機能をもたせてもよい。

【0184】発光素子11は光拡散材171を介して導光板14へ光を入力する。この光拡散材171により発光素子11の色ムラがなくなり、均一な照明を行うことができる。なお、(図123)の構成を適用できることは言うまでもない。

【0185】発光素子はラインごとにあるいは複数ラインごと点灯させる。たとえば、(図17)のAの範囲の発光素子11aが点灯すると、次にBの範囲の発光素子11bが点灯する。以降、順次、発光素子を点灯させていく。このように駆動することにより(図8)(図9)の表示方法(点灯方法)を実現できる。

【0186】導光板14の光出射面には拡散シート22(拡散部材)が形成または配置される。特に発光素子1



1の近傍は輝度が高くなるので、(図19)に示すように光拡散部31を形成する。光拡散部31は導光板14上に直接あるいはシート22上に形成する。また、シート22自身に光拡散作用をもたせてもよい。また光拡散シート22上にさらに光を拡散させるための光拡散部31を形成してもよい。

【0187】シート22の光出射面にはプリズムシート23あるいはプリズム板を一枚または複数枚を配置すればよい。なお、(図2)と同様に導光板14に直接プリズムを形成してもよい。プリズムシート23を用いることにより、導光板14からの出射光の指向性が狭くなり、表示パネル21の表示画像を高輝度化することができる。

【0188】照明装置16からの光の指向性を狭くして表示パネルの表示を高輝度化させる方法として、(図111)に示すように、マイクロレンズアレイ(マイクロレンズシート)1112を用いる方法も例示される。

【0189】マイクロレンズアレイ1112は周期的な屈折率分布を有するように、微小な凹凸(マイクロレンズ186)が形成されている。マイクロレンズ186は日本板ガラス(株)が製造しているイオン変換法によっても形成することができる。

【0190】この場合はマイクロレンズアレイ1112の表面は平面状となる。また、オムロン(株)あるいはリコー(株)のようにスタンプ技術を用いたものでもよい。その他、周期的な屈折率分布を有する構成として回折格子などがある。これらも、光の強弱を空間的に発生させることができるのでこれも用いることができる。

【0191】マイクロレンズアレイ183は樹脂シートを圧延することにより、あるいは、プレス加工することにより形成あるいは作製してもよい。なお、マイクロレンズアレイ1112の表面には、反射防止膜を形成するとよい。

【0192】また、導光板14の光出射面にマイクロレンズアレイ(マイクロレンズシート)を配置し、かつ、マイクロレンズの焦点を偏心させることにより指向性をもたせることが好ましい。この場合、マイクロレンズの焦点近傍に穴を形成し、発光素子11等からの光がこの穴から出射されるようにする。

【0193】(図19)は1色のLED11等をマトリックス状に配置した実施例であるが、(図20)のように1つのマトリックス部に多色の発光素子11を配置または形成してもよい。

【0194】(図20)では、赤色(11G)、緑色(11G)、青色(11B)、および2つの白色(11W)のLED11を配置している。(図122)等で説明したように、モノクロの表示パネル21を用いる場合はフィールドシーケンシャルに駆動することにより、カラー表示を実現でき、また、カラーフィルタを具備する表示パネル21を用いる場合は白色のLED11を点灯

させることによりカラー表示を実現できる。また、導光板14の発光色の色温度を自由に調整することができる。

【0195】また、フィールドシーケンシャル方式に限定するものではなく、ごく短時間にR、G、BのLEDを順次点灯させることにより、みかけ上の白色光を発生させてもよい。もちろん、常時点灯でもよい。

【0196】(図20)では遮光板(反射板)15で四角のマトリックス状に区切っているが、これに限定するものではなく、(図21)に示すように六角形等の他の形状に区切ってもよい。六角形状等にするにより、各マトリックスの中心部から周辺部までの距離が均一となり、輝度ムラが発生しにくい。なお、遮光板を形成もしくは配置せずともよいことは言うまでもない。

【0197】以上の実施例は、導光板14の裏面にLED11等を配置した構成であった。(図112)のように導光板14に蛍光管141を埋め込んでもよい。導光板14に埋め込む構成としては(図113(a))に示すように導光板14に穴1131を形成し、この穴1131に蛍光管141を挿入する構成が例示される。

【0198】穴1131内には、蛍光管141を固定を目的として、あるいは蛍光管141の輝度ムラのあるいは色ムラ補正を目的として、あるいは、光利用効率の向上を目的として、光拡散材171、接着剤あるいは光結合材126を充填することが好ましい。このことは(図113(b)(c))についても同様である。

【0199】また、(図113(b))は複数の導光板(14a, 14b, 14c……)を用いた構成である。導光板14の端部にくぼみ(1131)を形成している。また、導光板14の裏面には反射板15を配置している。このように構成することにより、大型のバックライトを容易に製造できる。なお、各導光板14間に遮光板15を形成または配置してもよい。

【0200】(図113(c))は、各導光板14の一端に反射板51を形成した構成である。この構成によれば、たとえば、蛍光管141bが放射した光は導光板14bのみを照明する。したがって、各導光板14を個別に明るさ調整を行えるようにできる。

【0201】なお、(図112)(図113)において、導光板14には穴1131を形成し、この穴1131に1本の蛍光管を配置するかのように図示したが、これに限定するものではなく、1つの穴1131にR、G、B、Wなどの発光色の蛍光管を配置してもよく、また1つの穴1131に複数の同色の蛍光管を配置してもよい。また、(図112)において、蛍光管141aをR発光、141bをG発光、141cをB発光としてもよいことは言うまでもない。なお、蛍光管141の配置問題は(数式1)～(数式4)の関係が類似適用される。また、LEDと蛍光管など、複数の発光素子を混在して用いてもよい。

【0202】なお、導光板14は透明色に限定されるものではなく、R色やB色に着色されたものを用いてもよく、また、導光板14内に拡散材を添加したものをを用いてもよい。プリズムシート22の凹凸の周期（山形の形成ピッチ $P_r$ ）はモアレの関係から、以下の条件を満足させておくことが好ましい。

【0203】山形の形成ピッチ $P_r$ と表示パネル21の画素の形成ピッチ $P_d$ とが特定の関係となるとモアレが発生が激しくなる。

【0204】モアレについては表示パネルの画素ピッチを $P_d$ とすると、発生するモアレのピッチ $P$ は $1/P = n/P_d - 1/P_r$ （数式7）

とあらわせる。最大モアレピッチが最小となるのは、

$$P_r/P_d = 2/(2n+1) \quad (\text{数式8})$$

のときであり、 $n$ が大きいほどモアレの変調度が小さくなる。したがって、（数式8）を満たすように $P_r/P_d$ を決めるとよい。（数式8）で求められた（決定した）値の80%以上120%以下の範囲であれば実用上十分である。まず、 $n$ を決定すればよい。

【0205】表示パネル21は種々のものを用いることができる。（図9）で説明したように動画表示を良好とする時は、OCBモードあるいは $\Delta n$ が大きい超高速TNモード、反強誘電液晶モード、強誘電液晶モードを用いるとよい。また、表示パネルを反射型としても用いる場合には、高分子分散液晶モード、ECBモード、TN液晶モード、STN液晶モードを用いるとよい。

【0206】以下、本発明の表示パネルおよび、本発明の照明装置と組み合わせた表示装置等について説明をする。（図22）は本発明の表示パネルの説明図である。

【0207】対向基板222には対向電極225が形成されている。なお、対向電極225は日立製作所等が開発した、IPS（In Plane Switching）モードの場合は必要がないので形成しなくてもよい。

【0208】一方、アレイ基板221にはスイッチング素子（図示せず）としての薄膜トランジスタ、画素としての画素電極230、信号線228等が形成されている。

【0209】対向基板222とアレイ基板221間に液晶層を挟持させる。液晶層226として、TN液晶、STN液晶、強誘電液晶、反強誘電液晶、ゲストホスト液晶、OCB液晶、スメクティック液晶、コレステリック液晶、高分子分散液晶（以後、PD液晶と呼ぶ）が用いられる。特に動画表示を重要としない場合は、光利用効率の観点からPD液晶を用いることが好ましい。

【0210】PD液晶材料としてはネマティック液晶、スメクティック液晶、コレステリック液晶が好ましく、単一もしくは2種類以上の液晶性化合物や液晶性化合物以外の物質も含んだ混合物であつてもよい。

【0211】なお、先に述べた液晶材料のうち、異常光屈折率 $n_o$ と常光屈折率 $n_e$ の差の比較的大きいシアノビ

フェニル系のネマティック液晶、または、経時変化に安定なトラン系、クロル系のネマティック液晶が好ましく、中でもトラン系のネマティック液晶が散乱特性も良好でかつ、経時変化も生じ難く最も好ましい。

【0212】樹脂材料としては透明なポリマーが好ましく、ポリマーとしては、製造工程の容易さ、液晶相との分離等の点より光硬化タイプの樹脂を用いる。具体的な例として紫外線硬化性アクリル系樹脂が例示され、特に紫外線照射によって重合硬化するアクリルモノマー、アクリルオリゴマーを含有するものが好ましい。中でもフッ素基を有する光硬化性アクリル樹脂は散乱特性が良好なPD液晶層226を作製でき、経時変化も生じ難く好ましい。

【0213】また、前記液晶材料は、常光屈折率 $n_o$ が1.49から1.54のものを用いることがこのましく、中でも、常光屈折率 $n_o$ が1.50から1.53のものを用いることがこのましい。また、屈折率差 $\Delta n$ が0.20以上0.30以下のものを用いることが好ましい。 $n_o$ 、 $\Delta n$ が大きくなると耐熱、耐光性が悪くなる。 $n_o$ 、 $\Delta n$ が小さければ耐熱、耐光性はよくなるが、散乱特性が低くなり、表示コントラストが十分でなくなる。

【0214】以上のことおよび検討の結果から、PD液晶の液晶材料の構成材料として、常光屈折率 $n_o$ が1.50から1.53、かつ、 $\Delta n$ が0.20以上0.30以下のトラン系のネマティック液晶を用い、樹脂材料としてフッ素基を有する光硬化性アクリル樹脂を採用することが好ましい。

【0215】なお、樹脂材料が硬化した時の屈折率 $n_p$ と、液晶材料の常光屈折率 $n_o$ とは略一致するようにする。液晶層226に電界が印加された時に液晶分子（図示せず）が一方方向に配向し、液晶層226の屈折率が $n_o$ となる。したがって、樹脂の屈折率 $n_p$ と一致し、液晶層226は光透過状態となる。屈折率 $n_p$ と $n_o$ との差異が大きいと液晶層226に電圧を印加しても完全に液晶層226が透明状態とならず、表示輝度は低下する。屈折率 $n_p$ と $n_o$ との屈折率差は0.1以内が好ましく、さらには0.05以内が好ましい。

【0216】PD液晶層226中の液晶材料の割合は40重量%～95重量%程度がよく、好ましくは60重量%～90重量%程度がよい。40重量%以下であると液晶滴の量が少なく、散乱の効果が乏しい。また95重量%以上となると高分子と液晶が上下2層に相分離する傾向が強まり、界面の割合は小さくなり散乱特性は低下する。

【0217】PD液晶の水滴状液晶（図示せず）の平均粒子径または、ポリマーネットワーク（図示せず）の平均孔径は、0.5 $\mu\text{m}$ 以上3.0 $\mu\text{m}$ 以下にすることが好ましい。中でも、0.8 $\mu\text{m}$ 以上1.6 $\mu\text{m}$ 以下が好ましい。PD液晶表示パネル21が変調する光が短波長



(たとえば、B光)の場合は小さく、長波長(たとえば、R光)の場合は大きくする。水滴状液晶の平均粒子径もしくはポリマー・ネットワークの平均孔径が大きいと、透過状態にする電圧は低くなるが散乱特性は低下する。小さいと、散乱特性は向上するが、透過状態にする電圧は高くなる。

【0218】本発明にいう高分子分散液晶(PD液晶)とは、液晶が水滴状に樹脂、ゴム、金属粒子もしくはセラミック(チタン酸バリウム等)中に分散されたもの、樹脂等がスポンジ状(ポリマーネットワーク)となり、そのスポンジ状間に液晶が充填されたもの等が該当する。他に樹脂が層状等となっているものも包含する。また、特願平4-54390号公報のように液晶部とポリマー部とが周期的に形成され、かつ完全に分離させた光変調層を有するもの、特公平3-52843号公報のように液晶成分がカプセル状の収容媒体に封入されているもの(NCAP)も含む。さらには、液晶または樹脂等中に二色性、多色性色素を含有されたものも含む。また、類似の構成として、樹脂壁に沿って液晶分子が配向する構造、特開平11-249175号公報、特開平6-347765号公報もある。これらもPD液晶を呼ぶ。また、液晶分子を配向させ、液晶中353に樹脂粒子等を含有させたものもPD液晶である。また、樹脂層と液晶層を交互に形成し、誘電体ミラー効果を有するものもPD液晶である。さらに、液晶層は一層ではなく2層以上に多層に構成されたものも含む。

【0219】つまり、PD液晶とは光変調層が液晶成分と他の材料成分とで構成されたもの全般をいう。光変調方式は主として散乱-透過で光学像を形成するが、他に偏光状態、旋光状態もしくは複屈折状態を変化させるものであってもよい。

【0220】PD液晶において、各画素には液晶滴の平均粒子径あるいはポリマーネットワークの平均孔径が異なる部分(領域)を形成することが望ましい。異なる領域は2種類以上にする。平均粒子径などを変化させることによりT-V(散乱状態-印加電圧)特性が異なる。つまり、画素電極に電圧を印加すると、第1の平均粒子径の領域がまず、透過状態となり、次に第2の平均粒子径の領域が透過状態となる。したがって、視野角が広がる。

【0221】画素電極上の平均粒子径などを異ならせるのには、周期的に紫外線の透過率が異なるパターンが形成されたマスクを介して、混合溶液に紫外線を照射することにより行う。

【0222】マスクを用いてパネルに紫外線を照射することにより、画素の部分ごとにあるいはパネルの部分ごとに紫外線の照射強度を異ならせることができる。時間あたりの紫外線照射量が少ないと水滴状液晶の平均粒子径は大きくなり、多いと小さくなる。水滴状液晶の径と光の波長には相関があり、径が小さすぎても大きすぎても

も散乱特性は低下する。可視光では平均粒子径0.5  $\mu$ m以上2.0  $\mu$ m以下の範囲がよい。さらに好ましくは0.7  $\mu$ m以上1.5  $\mu$ m以下の範囲が適切である。

【0223】画素の部分ごとあるいはパネルの部分ごとの平均粒子径はそれぞれ0.1~0.3  $\mu$ m異なるように形成している。なお、照射する紫外線強度は紫外線の波長、液晶溶液の材質、組成あるいはパネル構造により大きく異なるので、実験的に求める。

【0224】PD液晶層の形成方法としては、2枚の基板の周囲を封止樹脂で封止した後、注入穴から混合溶液を加圧注入もしくは真空注入し、紫外線の照射または加熱により樹脂を硬化させ、液晶成分と樹脂成分を相分離する方法がある。その他、基板の上に混合溶液を滴下した後、他の一方の基板で挟持させた後、圧延し、前記混合溶液を均一に膜厚にした後、紫外線の照射または加熱により樹脂を硬化させ、液晶成分と樹脂成分を相分離する方法がある。

【0225】また、基板の上に混合溶液をロールコートもしくはスピナーで塗布した後、他の一方の基板で挟持させ、紫外線の照射または加熱により樹脂を硬化させ、液晶成分と樹脂成分を相分離する方法がある。また、基板の上に混合溶液をロールコートもしくはスピナーで塗布した後、一度、液晶成分を洗浄し、新たな液晶成分をポリマーネットワークに注入する方法もある。また、基板に混合溶液を塗布し、紫外線などにより相分離させた後、他の基板と液晶層を接着剤ではりつける方法もある。

【0226】その他、本発明の液晶表示パネルの光変調層は1種類の光変調層に限定されるものではなく、PD液晶層とTN液晶層あるいは強誘電液晶層などの複数の層で光変調層が構成されるものでもよい。また、第1の液晶層と第2の液晶層間にガラス基板あるいはフィルムが配置されたものでも良い。光変調層は3層以上で構成されるものでもよい。

【0227】なお、本明細書では液晶層226はPD液晶としたが、表示パネルの構成、機能および使用目的によつてはかならずしもこれに限定するものではなく、TN液晶層あるいはゲストホスト液晶層、ホメオトロピック液晶層、強誘電液晶層、反強誘電液晶層、コレステリック液晶層等の他の液晶であつてもよい。

【0228】液晶層226の膜厚は3  $\mu$ m以上12  $\mu$ m以下の範囲が好ましく、さらには5  $\mu$ m以上10  $\mu$ m以下の範囲が好ましい。膜厚が薄いと散乱特性が悪くコントラストがとれず、逆に厚いと高電圧駆動を行わなければならない、TFIをオンオフさせる信号を発生するXドライバ回路(図示せず)、ソース信号線に映像信号を印加するYドライバ回路(図示せず)の設計などが困難となる。

【0229】液晶層226の膜厚制御としては、黒色のガラスピーズまたは黒色のガラスファイバー、もしくは

は、黒色の樹脂ビーズまたは黒色の樹脂ファイバーを用いる。特に、黒色のガラスビーズまたは黒色のガラスファイバーは、非常に光吸収性が高く、かつ、硬質のため液晶層226に散布する個数が少なくすむので好ましい。

【0230】画素電極230と液晶層226間および液晶層226と対向電極225間には絶縁膜271を形成することは有効である（図27参照）。絶縁膜（配向膜）271としてはTN液晶表示パネル等に用いられるポリイミド等の配向膜、ポリビニールアルコール（PVA）等の有機物、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiNx}$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_3$ 等の無機物が例示される。好ましくは、密着性等の観点からポリイミド等の有機物がよい。絶縁膜を電極上に形成することにより電荷の保持率を向上できる。そのため、高輝度表示および高コントラスト表示を実現できる。

【0231】絶縁膜271は液晶層226と電極230とが剥離するのを防止する効果もある。前記絶縁膜271が接着層および緩衝層としての役割をはたす。

【0232】また、絶縁膜を形成すれば、液晶層226のポリマーネットワークの孔径（穴径）あるいは水滴状液晶の粒子径がほぼ均一になるという効果もある。これは対向電極225、画素電極230上に有機残留物が残っていても絶縁膜271で被覆するためと考えられる。被覆の効果はポリイミドよりもPVAの方が良好である。また、絶縁膜271はTN液晶を広視角性をもたせるため配向を必要とした場合、たとえばランダムドメイン配向の場合でも有用である。ガラス基板222等からの不純物が液晶層226に溶出することを抑制するからである。

【0233】なお、有機物で絶縁膜を形成する際、その膜厚は0.02 $\mu\text{m}$ 以上の0.1 $\mu\text{m}$ の範囲が好ましく、さらには0.03 $\mu\text{m}$ 以上0.08 $\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0234】基板222、221としてはソーダガラス、石英ガラス基板を用いる。他に金属基板、セラミック基板、シリコン単結晶、シリコン多結晶基板も用いることができる。またポリエステルフィルム、PVAフィルム等の樹脂フィルムをも用いることができる。つまり、本発明で基板とは、板状のものだけではなくシートなどのフィルム状のものでもよい。たとえば、ポリカーボネートなどのプラスチック基板が例示される。

【0235】カラーフィルタ223はゼラチン、アクリル等の樹脂を染色したもの（樹脂カラーフィルタ）が例示される。その他低屈折率の誘電体薄膜と高屈折率の誘電体薄膜とを交互に積層して光学的效果を持たせた誘電体カラーフィルタで形成してもよい（誘電体カラーフィルタと呼ぶ）。また、ホログラム効果により光を分離するホログラムカラーフィルタでもよい。特に、現在の樹脂カラーフィルタは赤色の純度が悪いので赤色のカラーフィルタを誘電体ミラーで形成することが好ましい。つ

まり、1または2色を誘電体多層膜からなるカラーフィルタで形成し、他の色を樹脂カラーフィルタで形成すればよい。

【0236】表示パネル21が空気と接する面には反射防止膜229（AIRコート）が施される。AIRコートは3層の構成あるいは2層構成がある。なお、3層の場合は広い可視光の波長帯域での反射を防止するために用いられ、これをマルチコートと呼ぶ。2層の場合は特定の可視光の波長帯域での反射を防止するために用いられ、これをVコートと呼ぶ。マルチコートとVコートは液晶表示パネルの用途に応じて使い分ける。

【0237】マルチコートの場合は酸化アルミニウム（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）を光学的膜厚が $nd=\lambda/4$ 、ジルコニウム（ $\text{ZrO}_2$ ）を $nd_1=\lambda/2$ 、フッ化マグネシウム（ $\text{MgF}_2$ ）を $nd_1=\lambda/4$ 積層して形成する。通常、 $\lambda$ として520nmもしくはその近傍の値として薄膜は形成される。Vコートの場合は一酸化シリコン（ $\text{SiO}$ ）を光学的膜厚 $nd_1=\lambda/4$ とフッ化マグネシウム（ $\text{MgF}_2$ ）を $nd_1=\lambda/4$ 、もしくは酸化イットリウム（ $\text{Y}_2\text{O}_3$ ）とフッ化マグネシウム（ $\text{MgF}_2$ ）を $nd_1=\lambda/4$ 積層して形成する。 $\text{SiO}$ は青色側に吸収帯域があるため青色光を変調する場合は $\text{Y}_2\text{O}_3$ を用いた方がよい。また、物質の安定性からも $\text{Y}_2\text{O}_3$ の方が安定しているため好ましい。

【0238】その他、表示パネルの光入射面あるいは光出射面に配置した偏光板に反射防止膜229を形成し、この反射防止膜と表示パネルとを光結合材でオプティカルカップリングさせてもよい。偏光板上の反射膜229は光干渉膜によるものでも、屈折率が1.3以上1.4以下の低屈折率の樹脂からなるいずれのものでもよい。

【0239】画素電極230はITO等の透明電極で形成する。なお、画素電極230を反射型とするためには金属薄膜からなる反射電極で表面をアルミニウム（Al）であるいは銀（Ag）で形成する。また、プロセス上の課題からTi等を仲介させてAgなどの反射膜を形成する。なお、反射型の場合は画素電極230は、誘電体多層膜からなる反射膜としてもよい。この場合は電極ではないので、電極とするため誘電体多層膜の表面にITOなる電極もしくは、誘電体多層膜の下層に金属あるいはITOからなる電極を形成する。

【0240】本発明の表示パネルの画素電極230には微小な凹凸を形成してもよい。凹凸を形成することにより視野角が広がる。特に反射型の場合には効果がある。TN液晶表示パネルの場合は微小凹凸の高さは0.3 $\mu\text{m}$ 以上1.5 $\mu\text{m}$ 以下にする。この範囲外だと偏光特性が悪くなる。また微小凹凸は形状をなめらかに形成する。たとえば円弧状、あるいはサインカーブ状である。また凹凸を金属などで形成してもよい。

【0241】形成の方法としては、画素となる領域に金属薄膜または絶縁膜により微小な凸部を形成する。また

は、前記膜をエッチングすることにより微小な凹部を形成する。この凹または凸部に画素電極230となるITOもしくは金属薄膜を蒸着により形成する。もしくは前記凹凸部に絶縁膜などを一層または複数層形成し、その上に画素電極230などを形成する。以上のように凹または凸部に金属薄膜を形成することにより、凹または凸部の段差が適度に勾配がつき、なめらかに変化する凹凸部を形成できる。

【0242】また、画素電極230が透過型の場合であっても、ITO膜を重ねて形成し、段差を形成することは効果がある。この段差で入射光が回折し、表示コントラストまたは視野角が向上するからである。

【0243】スイッチング素子は薄膜トランジスタ(TFT)の他、薄膜ダイオード(TFD)、リングダイオード、MIM等の2端子素子、あるいはバリキャップ、サイリスタ、MOSトランジスタ、FET等であってもよい。なお、これらはすべてスイッチング素子または薄膜トランジスタと呼ぶ。さらに、スイッチング素子とはソニー、シャープ等が試作したプラズマにより液晶層に印加する電圧を制御するプラズマアドレッシング液晶

(PALC)のようなものおよび光書き込み方式、熱書き込み方式も含まれる。つまり、スイッチング素子を具備するとはスイッチング可能な構造を示す。PALCは対向電極はストライプ状であるが、これも対向電極と呼ぶ。

【0244】また、主として本発明の表示パネル21はドライバ回路と画素のスイッチング素子を同時に形成したものである。その他、低温ポリシリコン技術で形成したもの他、高温ポリシリコン技術あるいはシリコンウェハ基板などの単結晶を用いて形成したものも技術的範囲にはいる。もちろん、アモルファスシリコン表示パネルも技術的範疇である。

【0245】ソース信号線233、およびゲート信号線(図示せず)は、液晶層226の比誘電率よりも低い誘電体膜227(以後、低誘電体膜と呼ぶ)で被覆されている。この低誘電体膜227により画素電極230とソース信号線228等が電磁的結合をひきおこすことを防止または制御している。低誘電体膜227としては、窒化シリコン( $\text{SiN}_x$ )、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、ポリイミド、ポリビニールアルコール(PVA)、ゼラチン、アクリルが例示される。この低誘電体膜227はTFT、ソース信号線などによる凹凸を平滑化する平滑化膜(レベリング膜/平坦化膜)としても機能する。

【0246】低誘電体膜227の一部はカーボン等の光吸収材が添加し、樹脂ブラックマトリックスとしてもよい。

【0247】画素電極230は端をソース信号線228の上部で重なるように形成する。このように構成することによりソース信号線228が遮光膜となり、隣接した画素間からの光漏れがなくなる。

【0248】しかし、これは理想的な場合であり実現的ではない。実際は表示パネルを斜め方向から見たとき光漏れを観測することができる。また、画素電極230の凹凸によりTN液晶分子の配向みだれが発生し、光漏れが発生する。

【0249】この光漏れを防止するため、(図22)に示すようにブラックマトリックス(BM)224bを形成する。BM224の形成材料としては、アクリル樹脂等のカーボン等を添加したものを用いたり、黒色の色素あるいは顔料を樹脂中に分散したものを用いても良いし、カラーフィルター223の様に、ゼラチンやカゼインを黒色の酸性染料で染色してもよい。黒色色素の例としては、単一で黒色となるフルオラン系色素を発色させて用いることもし、緑色系色素と赤色系色素とを混合した配色ブラックを用いることもできる。

【0250】以上の材料はすべて黒色の材料であるが、本発明の液晶表示パネルを投射型表示装置のライトバルブとして用いる場合はこれに限定されるものではなく、R光を変調する液晶表示パネルのBM224としてはR光を吸収させれば良い。

【0251】したがって、色素を用いて天然樹脂を染色したり、色素を合成樹脂中に分散した材料を用いることができる。たとえば、アゾ染料、アントラキノン染料、フタロシアニン染料、トリフェニルメタン染料などから適切な1種、もしくはそれらのうち2種類以上を組み合わせればよい。特に補色の関係にあるものを用いることが好ましい。たとえば、入射光が青色のとき、BM224を黄色に着色させる。BM224の光吸収率は100%に近いことが好ましいことはいうまでもない。吸収率が50%以上で好ましい効果が大きく発揮される。

【0252】カラーフィルター223間も境界部が不鮮明となるため、境界部にBM224aを形成してもよい。

【0253】なお、BM224aはクロム(Cr)などの金属薄膜で構成してもよい。しかし、Crは光反射率が60%と低いため、液晶表示パネル21を投射型表示装置のライトバルブとして用いる時に問題が発生する。

【0254】以下、(図23(a))~(図24(c))を参照しながら、特に投射型表示装置のライトバルブとして用いる本発明の表示パネルについて説明する。

【0255】表示パネル21には画素間から光漏れが発生しないようにするため、対向基板222にはBM224が形成される。BM224の形成材料としては、遮光特性の観点からクロム(Cr)が用いられる。(図124)、(図79)、(図114)などの投射型表示装置に用いるライトバルブとしての表示パネル21には強烈な光が入射する。BM224に入射した入射光の40%はBM224で吸収されるため、表示パネル21は加熱され、劣化する。

【0256】本発明の表示パネルはBM224aの構成

材料としてアルミニウム（A1）を使用している。A1は90%の光を反射するため、表示パネル21が加熱され劣化するという問題はなくなる。しかし、A1は遮光特性がCrに比較して悪いので膜厚を厚く形成する必要がある。一例として、Crの膜厚0.1 $\mu$ mの遮光特性を得るA1の膜厚は1 $\mu$ mである。つまり、10倍の膜厚に形成する必要がある。

【0257】一方、TN液晶表示パネル21などは液晶分子を配向する必要があるため、ラビング処理を行う必要がある。ラビング処理を行う際、凹凸があるとラビング不良が発生する。したがって、対向基板222にA1を用いてBM224を形成すると基板222に凹凸が発生し、良好なラビングを行うことができない。

【0258】この課題に対処するため、本発明の表示パネル21は対向基板222において、BM224を形成する位置に凹部233をまず形成し、この凹部683を埋めるようにBMを形成している。（図115）に示すように凹部233は基板222にレジスト1151を塗布し（図115（a））、パターニングを行った後、フッ酸溶液でエッチングすることにより容易に形成できる（図115（b））。凹部の深さは0.6 $\mu$ m以上1.6 $\mu$ m以下とし、さらに好ましくは0.8 $\mu$ m以上1.2 $\mu$ m以下にする。この凹部233の深さはエッチング時間を調整することにより容易に調整できる。

【0259】なお、形成した凹部233は表面が荒れているため、凹部233を形成後、基板222にはSiO<sub>2</sub>、SiNxなどの無機材料を0.05 $\mu$ m以上0.2 $\mu$ m以下の膜厚で蒸着しておく。

【0260】このように構成された凹部233にA1薄膜を蒸着し、BM224を形成する（図115

（c））。したがって、対向基板222の表面にはBM224形成による凸部は発生しない。そのため、良好なラビングを行うことができる。

【0261】必要に応じて、遮光性を向上させるため、A1薄膜224aに重ねて、Crあるいはチタン（Ti）などからBMになる金属薄膜224bを積層する（図23（a）（b））。この金属薄膜224bはA1薄膜224aが対向電極225のITOと直接接触しないようにする効果もある。A1薄膜224aとITO薄膜225が接触すると電池作用により腐食するからである。

【0262】なお、積層する薄膜は2層に限定するものではなく、3層以上でもよい。また、積層する薄膜224bは金属薄膜に限定するものではなく、カーボンを添加されたアクリル樹脂、あるいはカーボン単体などの有機材料からなる薄膜でもよい。例えば、（図22）のような光吸収膜224bが例示される。これらのA1膜224aの単層のBMの膜厚、あるいはA1膜224aと金属膜224b等を積層したBMの膜厚は0.4 $\mu$ m以上1.4 $\mu$ m以下とし、さらに好ましくは0.6 $\mu$ m以

上1.0 $\mu$ m以下にする。尚、（図23（a））、（図23（b））では、BM224は、BM224a及び224bで構成される場合を示したが、これに限らず例えば、A1膜の単層で構成しても良く、又、異種の材料を多層に積層して構成しても良い。以後、単層、積層を問わない場合は、一般的にBM224と呼ぶ。

【0263】凹部233に充填されたBM224上には、平滑化膜227aを形成する（図115（d））。平滑化膜227の形成材料としては、アクリル樹脂、ゼラチン樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、ポリビニールアルコール樹脂（PVA）などの有機材料あるいは酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）、窒化シリコン（SiNx）などの無機材料などが例示される。なお、特に、紫外線硬化タイプの樹脂を採用することが好ましい。ただし、SiO<sub>2</sub>などの無機材料は、耐熱性があり、また広い波長帯域において透過率が良好なため、投射型表示装置のライトバルブとして採用する場合は好ましい。

【0264】平滑化膜227a（図23（a））の膜厚としては0.2 $\mu$ m以上1.4 $\mu$ m以下が好ましく、中でも0.5 $\mu$ m以上1.0 $\mu$ m以下に構成することが好ましい。この平滑化膜227a上に対向電極225としてのITOを形成する。（図23（b））は平滑化膜227aを用いずカラーフィルタ223を平滑化膜として用いた構成である。

【0265】平滑化膜227a、227bをSiO<sub>2</sub>などの無機材料で形成した場合は、平滑化膜227を形成後、表面を研磨して平滑化する。研磨処理は機械的に行うか化学的に行う。SiO<sub>2</sub>は比較的柔らかいため研磨が容易である。研磨処理を行った後、対向電極225を形成する（図115（e））。なお、平滑化膜227a、227bが有機材料の場合も、研磨処理を行うことにより良好な平滑化膜227a、227bを形成できることは言うまでもない。

【0266】また、他の例として、凹部233に凹部233の深さよりも厚くBM224を形成した後、表面を研磨処理して平滑化してもよい。このようにすることにより凹部233に丁度BM224が充填されたような構成とすることができる。BMの金属は対向基板222のガラスに比較して軟かいので研磨されやすい。平滑化後、表面に対向電極225としてのITOを形成する。したがって、平滑化膜227aを形成しなくても良い。もちろん、BM224を研磨後、平滑化機能よりも基板222から不純物が溶出するのを防止するという観点から、平滑化膜（絶縁膜）227aを薄く形成し、その後、対向電極225を形成してもよい。この構成の場合は、平滑化膜というよりは、絶縁膜、保護膜として機能する。したがって、配向膜のようにごく薄い膜でもよい。なお、対向電極225は、液晶表示パネルがIPS構造の場合は不要である。したがって、この場合は対向電極225を形成せず、平滑化膜227a上に配向膜を

形成すればよい。また、MVAモードの場合はBMによる凹凸部を配向制御に用いてもよい。

【0267】なお、(図23(a))、(図23(b))においてBM224は、A1あるいはA1を含む金属多層膜としたが、これに限定するものではなく、低屈折率の誘電体膜と高屈折率の誘電体膜とを多層に形成した誘電体多層膜(干渉膜)で形成してもよい。

【0268】誘電体多層膜は光学的干渉作用により特定波長の光を反射し、反射に際し、光の吸収は全くない。したがって、全く入射光の吸収がないBM224を構成することができる。

【0269】また、A1の代わりに銀(Ag)を用いてもよい。Agも反射率が高く良好なBM224となる。その他、Au等も用いることができる。

【0270】なお、干渉膜をBM224として採用する場合はBM224を構成する薄膜の膜厚は $1.0\mu\text{m}$ 以上 $1.8\mu\text{m}$ 以下とし、さらに好ましくは $1.2\mu\text{m}$ 以上 $1.6\mu\text{m}$ 以下にする。

【0271】また、凹部233の深さは $1.2\mu\text{m}$ 以上 $2.2\mu\text{m}$ 以下とし、さらに好ましくは $1.4\mu\text{m}$ 以上 $1.8\mu\text{m}$ 以下にする。

【0272】なお、(図23(a))、(図23(b))の構成では、対向基板235に凹部683を形成し、この凹部233にBM224を作製するとしたがこれに限定するものではなく、対向基板222に凹部233を形成することなく、A1、Ag、多層の金属薄膜、あるいは干渉膜からなるBM224a、224bを形成し(図116(a))、このBM224上に平滑化膜227aを形成してもよい(図116(b))。この時は平滑化膜227aの膜厚は $1.0\mu\text{m}$ 以上 $3.0\mu\text{m}$ 以下とし、さらに好ましくは $1.4\mu\text{m}$ 以上 $2.4\mu\text{m}$ 以下にする。又、平滑化膜227aを形成後、表面を研磨しても良い(図116(c))。研磨することにより、BM224の凹凸はなくなり、対向基板222の表面は平滑化される。なお、研磨とは機械的に削る機械的研磨、エッチング、電食による化学的あるいは電気的研磨、アーク放電による電気機械的研磨が例示される。なお、凹凸が許容値以内であれば、研磨する必要はないことは言うまでもない。その後、対向電極225を形成する(図116(d))。

【0273】また、(図23(a))、(図23(b))では、対向基板222に凹部224を形成し、凹部233にBM224を作製するとしたが、これに限定するものではなく、アレイ基板221に凹部233を形成し、かつ、BM224を形成してもよい。この場合は、BM224上にソース信号線228あるいは、TFT242等を形成する。この様に、アレイ基板221の凹部233を形成し、この凹部233にTFT241等を形成することにより、アレイ基板221の表面も平滑化され、良好なラビングを実施出来る。この場合は、

(図23)に示すように対向基板222にBM224を形成する必要はない。さらに、または、アレイ基板221の凹部233を形成し、この凹部内にソース信号線228等の信号線、TFT等を形成してもよい。また、加えて、形成後に平滑化膜を形成し、この平滑化膜上に画素電極230を形成する。

【0274】BM224と対向電極225とは表示領域の周辺で、あるいは表示領域ないで電氣的に接続しておくことが好ましい。これは対向電極225はITOで形成されるため、シート抵抗が高い。そのため、対向電極225のITOと金属材料からなるBM224とを接続してシート抵抗を低くするためである。表示領域内で接続する場合は、BM224bと対向電極225とが接する箇所の平滑化膜227aをエッチングなどにより除去し、BM224bと対向電極225とが直接接するように構成すればよい。この構成の場合は、BM224bはA1以外の材料を選定する。電池による腐食を防止するためである。

【0275】一方、アレイ基板221側では、ソース信号線228上に平滑化膜227bを形成し、かつ、ソース信号線228上で画素電極230が隣接するように構成するとよい。このように構成することにより、画素電極230の周辺部からの光漏れは全くなくなる。

【0276】しかし、この場合、ソース信号線228と画素電極230との寄生容量が大きくなる。この寄生容量による画像表示への悪影響を回避するためには横方向で隣接する画素間に印加する映像信号の極性を反転させるとよい。なお、(図23)ではTFT241などの、説明に不要な構成物は省略している。また、TFT241はLDD(ロー・ドレーン・ドレイン)構造にするるとよい。

【0277】アレイ基板221にTFT241などを形成後、無機材料からなる平滑化膜227bを $\text{SiO}_2$ などの無機材料で形成した場合は、平滑化膜227bを形成後、表面を研磨して平滑化する。研磨処理は平滑化膜227aと同様に機械的にあるいは化学的もしくは電気的に行う。特に、 $\text{SiO}_2$ で平滑化膜227bを形成した場合は、 $\text{SiO}_2$ は比較的柔らかいため機械的研磨が容易である。

【0278】研磨処理を行った後、平滑化膜227bにTFT241と画素電極230とを接続するコンタクトホールを形成し、平滑化膜227b上に画素電極230を形成する。なお、平滑化膜227をポリイミドなどの有機材料の場合も研磨処理を行うことにより良好な平滑化膜227bを形成できることは言うまでもない。又、TFT241上には、ソース信号線228あるいはゲート信号線の金属で遮光膜を形成し、TFT241に光が入射しないように遮光する。

【0279】液晶層236を所定膜厚にするために、BM224上あるいはBM224と対面するアレイ221

上に誘電体材料もしくは、導電体材料からなる柱245を形成する(図24)。柱の高さを液晶層226の膜厚とする。

【0280】なお、表示パネル21には、(図22)に図示したように、反射防止膜229を形成する、あるいは反射防止基板1111を光結合材126でオプティカルカップリングさせるとよい(図111(a))。

【0281】このように構成することにより、表示パネル21と空気との界面で反射する光が抑制され、光利用効率が向上する。

【0282】また、表示パネル21の表面にゴミが付着してもスクリーン上では結像しないという利点もある。

(図111(b))は表示パネル21にマイクロレンズ基板1112を取り付けた構成であり、(図111

(c))はマイクロレンズ基板1112に反射防止基板229を取り付けた構成である。

【0283】なお、(図23)において、画素電極230は透過型に限定するものではなく、反射型でもよい。また、反射型の場合は(図126)(図131)に開示したようにノコギリ歯状にしてもよい。また、(図27)に開示したように半透過仕様としてもよい。

【0284】(図23(a))～(図23(c))で説明した本発明の表示パネル21は、投射型表示装置のライトバルブとしてだけではなく、本発明の(図150)などのビューファインダのライトバルブ、あるいは、ヘッドマウントディスプレイ、(図91)のビデオカメラ、(図93)などの携帯情報端末、(図100)のパーソナルコンピュータあるいは液晶テレビなどの表示パネルとしても用いることができることは言うまでもない。以上のように、本発明の表示パネルを他の本発明の映像表示装置などに流用して自由に構成できることは言うまでもない。

【0285】(図24)は、(図23)の構成に加えて、対向基板222側に付加容量を形成した構成である。対向電極225上に絶縁膜(誘電体膜)246が形成され、絶縁膜246上に付加容量(蓄積容量)電極247が形成されている。つまり、対向電極225と付加容量電極247を電極としてコンデンサが形成されている。

【0286】付加容量電極247とドレイン端子244とは金属などの導電体材料からなる接続部245で接続されている。したがって、各画素の付加容量は対向電極上に形成されていることになる。なお、付加容量の電極は、付加容量電極247と対向電極225に限定されるものではなく、付加容量電極247とBM224としてもよい。また、付加容量電極247はITOなどの透明電極で形成してもよく、また金属材料で形成してもよい。

【0287】接続部245は液晶層226を所定膜厚に保つスペーサとしても機能する。また、接続部245は

カーボン等を形成してもよい。

【0288】以上のように対向基板222側に付加容量を形成するのは、画素サイズが小さくなるとアレイ基板221側に付加容量を形成するスペーサがとれなくなるからである。もちろん、付加容量をアレイ基板側にトレンチ構造にして形成してもよい。しかし、トレンチ構造では構造が複雑なため、製造コストが高くなり、製造歩留まりが低下するという課題がある。しかし、採用できないわけではない。その他、アレイ基板側と対向基板側の両方の付加容量を形成してもよい。

【0289】一方、対向基板222上は対向電極225とBM224以外の構成物がなく、また、対向電極225はベタアース電極であり、電位が安定しているという利点がある。

【0290】付加容量電極247は(図25)に示すようにBM224形成位置と一致させて形成することが好ましい。付加容量電極247を金属材料で形成しても、開口率が低下しないからである。もちろん、付加容量電極247をITO等の透明電極で形成する場合は、画素サイズの全域にわたり、付加容量電極247を形成することができる。

【0291】接続部245は(図25)の点線部となるように形成する。付加容量電極247がITOなどで形成されている場合は、硬いため接続部245とITOとの接触がとれにくい。そのため、接続部245とコンタクトをとる箇所にはA1などの比較的やわらかい金属材料で形成しておくことが好ましい。

【0292】(図26)は、(図24)の構成の等価回路図である。ソース信号線228とゲート信号線261の交点近傍にTFT241が形成される。TFT241のソース端子243はソース信号線228と接続され、ゲート端子242はゲート信号線261と接続されている。TFT241のドレイン端子244は画素電極230と接続部245に接続されている。また、ドレイン端子244は画素電極230と接続されている。付加容量と液晶層の一方の共通電極は対向電極である。

【0293】また、(図26(b))に示すように対向電極245を245a、245bとして分離すれば付加容量と、液晶の一方の電極に個別に信号あるいは電圧を印加することができる。

【0294】つまり、aまたはb端子にフィールド(フレーム)毎に反転する信号を印加する。aまたはb端子に信号を印加することにより、画素電極230の電位を操作できる。したがって、aまたはb端子に画素電極230は液晶の立ちあがり電圧(1.0V～3.0V)が印加されるように信号を印加すれば、ソース信号線228に印加する信号は立ちあがり電圧分低くすることができる。そのためソースドライバICの信号振幅を小さくできるから消費電力を低減できる。

【0295】(図22)、(図23)、(図24)等の



実施例では画素電極230をITO等からなる透明電極として説明したが、これに限定するものではなく、画素電極230が金属等からなる反射電極でもよく、また、対向電極が金属あるいは誘電体干渉膜からなる反射電極もしくは反射膜であってもよいことはいうまでもない。以上のように本明細書で説明する本発明の表示パネルは透過タイプでも反射タイプでもいずれでも構成できる。

【0296】(図27)は画素230が反射型の場合の実施例である。しかし、反射画素の一部に開口部272を有している。この開口部よりバックライト16からの光が浸入し、透過型としても用いることもできる。特に液晶層226がPD液晶の場合は光変調に偏光板が不要である。そのため、小さな開口部272でも十分画像を表示させることができる。また、バックライトを用いずとも外光を反射膜273で反射させることにより、反射型の表示装置として用いることができる。

【0297】なお、(図27)ではカラーフィルタ223は表示パネル21の内部(液晶層側)に形成しているが、カラーフィルタ223を表示パネル21の外部(空気と接する面)に形成もしくは配置してもよい。

【0298】反射膜273は表面をアルミニウム(A1)、クロム(Cr)、金属(Au)もしくは、銀(Ag)で形成されている。また、基板221との密着性を向上させるため等の理由により、チタン(Ti)、クロム(Cu)などの複数の金属材料を層状に形成している。また、反射膜273は誘電体多層膜からなる干渉膜にITO電極を蒸着したものでもよい。

【0299】反射膜273の表面にはSiO<sub>2</sub>、SiNxなどの絶縁膜246が0.1μm以上1μm以下の膜厚で形成されている。この絶縁膜246上にITOからなる画素電極230が形成されている。この画素電極230は(図24)に示すようにスイッチング素子241としてのTFTのドレイン端子と接続されている。

【0300】一方、反射膜273は共通電極としても機能する。そのため、反射膜273は共通電極の電位となるように表示パネル21の周辺部で電気的に接続されている。この共通電極の電位とは通常に対向電極225の電位である。また、誘電体多層膜が反射膜とした場合は、この誘電体多層膜の下層もしくは上層に形成した透明電極(ITO)が共通電極となる。

【0301】また、反射電極273は開口部272以外は均一な膜である。つまり各画素電極230に共通に対向するベタ電極状である。もちろん、ベタ電極状に限定するものではなく、一部の接続部を残して、各画素に対応するようにパターニングされていてもよいし、また複数の画素を組として、反射膜273がパターニングされた構成でもよい。

【0302】なお、反射膜273あるいは画素電極全体を透明電極にAl、Crなど金属薄膜を薄く形成することにより、ハーフミラー状にしてもよい。この場合は、

開口部252を別途形成する必要はない。全体として半透過であるからである。

【0303】また、反射膜273あるいは画素電極230に金属薄膜または絶縁膜により微小な凸部を形成する。または、前記膜をエッチングすることにより微小な凹部または凸部を形成する。この凹または凸部に反射電極となる金属薄膜を蒸着により形成し、反射電極とする。もしくは前記凹凸部上に絶縁膜などを一層または複数層形成し、その上に反射電極を形成する。

【0304】以上のように凹または凸部に金属薄膜を形成することにより、凹または凸部の段差が適度に勾配がつき、なめらかに変化する凹凸部を形成できる。このように構成することにより表示パネルの視野角を拡大することができる。なお、凹凸の高さは0.2μm以上1.5μm以下とすることが好ましい。

【0305】また、画素電極が透過型の場合であっても、ITO膜を重ねて形成し、段差を形成することは効果がある。この段差で入射光が回折し、表示コントラストまたは視野角が向上するからである。

【0306】なお、反射電極273に穴272を形成する構成は、穴272は完全な穴のみを意味するものではなく、光透過性を有する光の穴でもよい。光の穴とは光透過性を有するという意味である。たとえば、ITOなどの光透過性を有する穴である。ITO電極上に金属薄膜を形成し、前記金属薄膜をエッチングして穴272を形成する。このITOの穴272からはバックライトからの光が出射される。金属薄膜は外光を反射する。また、ITOと金属薄膜は、印加された電圧により液晶226を光変調する。

【0307】以上の構成により画素電極230と反射膜273を電極として蓄積容量262が構成される。したがって、反射膜273は画素を反射型にする機能と、蓄積容量262としての機能とをあわせて持っている。

【0308】なお、(図27)において、カラーフィルタ223はAの部分の厚くもしくは色純度を高く、Bの部分は薄くもしくは色純度を低く形成している。Aの部分は開口部272からの光が入射するからである。つまりAの部分は透過型として機能する部分であるからカラーフィルタの色純度を高くする必要がある。Bの部分は、反射型として機能する部分であるから、入射光は2度カラーフィルタ223を透過する。したがって、透過型の場合に比較して1/2の膜厚でも同一の色純度を保有できる。したがって、カラーフィルタ223の膜厚は薄くともよい。もしくは色純度が低くても光制限幅が広くともよい。つまり、カラーフィルタ223は中央部が厚く周辺部を薄く形成する。

【0309】したがって、半透過仕様の表示パネルでは、開口部272の位置に対応してカラーフィルタの膜厚分布を形成するか、色純度もしくは分光分布を形成したものを採用する。

【0310】(図27(b))は(図27(a))の等価回路図である。画素電極230と対向電極225間に液晶が挟持され、1つのコンデンサとなっており、また画素電極230と反射膜251を電極として蓄積容量(コンデンサ)262となっている。

【0311】なお、TFT271は、薄膜ダイオード(TFD)あるいは、バリスタ等の他のスイッチング素子でもよい。また、スイッチング素子271は1つの限定するものではなく、2個以上接続されていてもよい。またTFTはLDD(ロー・ドーピング・ドレイン)構造を採用することが好ましい。

【0312】なお、このように、反射方式でも透過方式でも表示パネルを用いることができる構造を半透過方式と呼ぶ。

【0313】なお、画素電極をハーフミラー構成としたものも、半透過方式に含まれる。例えば、ITOからなる画素電極にCrなどを薄く蒸着して構成する方式がある。

【0314】なお、半透過仕様の映像表示装置において、表示パネル21を反射モードで使用するときに、透過モードで使用するときは液晶層226に印加する電圧を変化させる(液晶層を駆動する電圧(V)－液晶層透過(T)特性を異ならせる)ことは有効である。液晶表示パネル21を透過状態として使用するときと反射状態で使用するときとは入射光の指向性などが異なり表示状態が変化するためである。

【0315】一般的に透過状態で使用するときは前方散乱を主として利用するため液晶層の散乱状態などをよくする必要がある。そのため、ノーマリホワイトモードにおいて最大白表示での液晶層に印加する電圧を低くする(立ち上がり電圧以下とする)。たとえば、立ち上がり電圧が2Vであれば1.8Vなどにする。逆に立ち上がり電圧以上にすると、2.5Vなどにし、液晶層226の散乱特性が少し低下した状態を最大白表示としてV-T特性(ガンマカーブ)を設定する。

【0316】反射型で利用するときには後方散乱と前方散乱の両方を利用するため、透過状態で利用するときよりも、最大白表示で液晶層に印加する電圧を高くする(液晶層の立ち上がり電圧以上にする)。この切り替えはバックライトの電源オンオフスイッチと連動させて行う。液晶表示パネルの種類、モードによっては最大白表示もしくは最大黒表示での印加電圧は異なる。この設定はノーマリホワイト表示とノーマリブラック表示では逆になる(する)。

【0317】いずれにせよ、本明細書で開示する技術的思想は、半透過仕様表示パネルを透過状態(透過モード)で使用するときに、反射状態(反射モード)で使用するときはV(印加電圧)－T(透過率)特性を変化させることである。

【0318】V-T特性の切り替えは透過状態用ROM

と反射状態用ROMをあらかじめ作成しておき、必要な電圧値をROMテーブルで変換する(ROMアドレスを切り換える)ことにより、容易に実現できる。もちろん、このROMアドレスの切り替えをバックライトの電源オンオフスイッチと連動させてもよい。また、バックライトを補助的に点灯しつつ、表示パネル21を反射型で用いる場合もあるがそのときは別のROMを準備して(組み込んで)おいてもよい。また、バックライトの照明強度、外光の照明強度に応じてV-T特性(ガンマカーブ)を変化させることが好ましい。

【0319】ガンマカーブの変更は、外光などの強度をホトセンサで検出し、検出されたデータをCPU、マイコンなどの演算処理手段あるいはROMテーブルで処理して行えば容易である。また、観察者が変更できるバックライトの明るさボリュームと連動して変更する構成あるいは方式も考えられる。

【0320】また、液晶層は、円偏光を変調するモードを採用している。液晶パネルの光入射・出射面に位相フィルムを配置して、直線偏光を操作したりすることが好ましい。また、偏光板は反射型、吸収型のフィルム等を単独で、また組み合わせて用いる。当然のことながら、偏光板レスのPD液晶などを用いてもよい。

【0321】また、観察者の位置もしくは眼の位置をカメラ、赤外線センサで検出し、最適なコントラスト表示、表示輝度となるようにガンマカーブを変更するようにしてもよい。また、外光の強度などから最適な表示状態を判定し、この判定結果からガンマカーブを動的にまたは静的に切り替えても(変更しても)よい。

【0322】これらの構成も、表示パネル21に入射する光量あるいは反射光などをホトセンサで検出すれば容易に実現できる。また、表示パネルの駆動方式(1H反転駆動、1ドット反転駆動、1フィールド反転駆動など)の種類に応じてガンマカーブを変更することも好ましい。これら駆動方式切り替えスイッチと連動させれば容易に実現できる。また、当然のことながらノーマリホワイト表示とノーマリブラック表示でガンマカーブを変更してもよい。

【0323】外光などの強度を表示パネルの表示部に表示することは有効である。外光の強度により、バックライトを使用すべきが否かを判定して観察者に例示する。

【0324】また、バックライトを点灯中は表示パネルに点灯中と表示させる、あるいはインジケータランプ(表示灯)を点灯(表示)させて観察者にわかるようにすることが好ましい。

【0325】PD液晶などの光変調層226に近接して散乱層を形成することにより、表示パネルの視野角を広く、また、表示コントラストを高くできる。つまり、液晶層226に接して常散乱層を形成するのである。

【0326】常散乱層とは、液晶層226で使用するアクリル樹脂にチタン微粒子を添加したものが例示され



る。また、エポキシ樹脂に散乱微粒子を添加したもの、ゼラチン樹脂、ポリイミド樹脂、テフロン樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン樹脂に散乱微粒子を添加したものなどが例示される。その他、異なる屈折率の材料を混合させても用いてもよい。屈折率が異なる材料を混ぜると白濁するからである。その他未硬化のアクリル樹脂に少量の液晶を添加し、散乱状態を保持したまま、アクリル樹脂を硬化させた構成でもよい。

【0327】上記の常散乱層は、(図27)の配向膜と兼用してもよく、また、配向膜とカラーフィルタ223間に形成したり、配向膜と液晶層226間に形成してもよい。また、画素電極230の前後に形成してもよい。また、以上のことが他の本発明にも適用できることは言うまでもない。

【0328】また、常散乱層は固体だけに限定するものではなく、ゲル状、液体でもよい。また、3種類以上の材料を混合させてもよい。また、常散乱層は樹脂単独だけではなく、たとえば液晶を含有させることにより散乱させてもよい。液晶は比誘電率が大きく電圧降下が発生しにくいいため好ましい。比誘電率は5以上10以下の材料を選択するとよい。その他、オパールガラスなどを用いて常散乱層としてもよい。また、A1を酸化させたものを用いてもよい。

【0329】これらのガンマカーブに関する事項は本発明の他の表示装置、投射型表示装置、あるいはヘッドマウントディスプレイなどにも適用することができることは言うまでもない。また、半透過型の表示パネルに限定されるものではなく、反射型あるいは透過型の表示パネル、表示装置にも適用できることは言うまでもない。また、画素電極230全体を透過型とし、対向電極225を反射電極とし、かつ、前記反射電極の各画素に対応する箇所を開口部272を形成した構成としてもよい。

【0330】反射膜273の開口部272は(図28(a))に示すように画素230の中央部に形成する他、(図28(b))のように周辺部に形成してもよい。また(図28(c))のようにストライプ状に形成してもよい。その他、円形に構成したり、画素230の周辺部を開口部としてもよい。また、隣接画素とのすきまを開口部272としてもよい。

【0331】(図28(a))の構成において、ソース信号線、ゲート信号線と画素電極230との位置関係を(図153)の関係とすることは実質上の開口率アップに寄与する。ソース信号線などの遮光物質上に画素電極を形成し、この形成した画素電極を反射電極とするからである。

【0332】(図153(b))に示すように、アレイ基板221上にソース信号線228、ゲート信号線261、および図示しないTFT等が形成されている。これらの上に平滑膜227が形成される。また平滑膜227上に画素電極230が形成される。画素電極230は透

明電極で形成され、この透明電極の周辺部にA1、Cr、Agあるいは干渉膜からなる反射膜1531を形成する。反射膜1531は画素電極230の下層に形成しても、画素電極230の上に形成してもどちらでもよい。

【0333】反射電極273はソース信号線228等に重なるような位置に形成する。ソース信号線228はA1などの遮光材料で形成されるため、光が透過しない。この光透過しない領域上に反射電極を形成することにより、画素形成領域を有効利用を行うことができる。

【0334】半透過型表示パネルでは反射領域と透過領域の両方を形成する必要がある。反射領域は光を透過しないことは当然である。一方、ソース信号線228も光を透過しない。そのためソース信号線228上に少しでも反射領域を形成すれば、反射電極として使用できる領域が拡大されるのである。

【0335】また、(図153)においても、画素電極230と反射膜273(ただし、この場合は、単なる電極として機能しているので、反射膜に限定するものではない。ITOなどの透明電極であってもよい)間に付加容量262を構成することが好ましい。

【0336】(図153)のようにソース信号線228上に重なることにより、ソース信号線228からの電界をシールドすることができる。そのため、液晶分子の異常配向が生じない。ただし、この場合、ソース信号線228と画素電極230との寄生容量が大きくなる可能性があるので、(図29)(図30)に示す駆動方法を実施するとよい。このことは(図22)(図23)(図24)(図134)のようにソース信号線(ゲート信号線)と画素電極が重なっている構成についても同様である。(図29)等の駆動方法については後に説明する。

【0337】(図134)はアレイ基板221側にカラーフィルタ223を形成した構成である。(図27)などでは対向基板222側にカラーフィルタ223を形成したが、本発明の表示パネル等はこれに限定するものではなく、(図134)に示すようにカラーフィルタ223はアレイ基板221側に形成してもよい。

【0338】(図134)に示すようにアレイ基板221にはTFT241、ソース信号線(図示せず)等が形成されている。アレイ基板221上にはTFT241等による凹凸を抑制するため透明樹脂からなる平滑化膜227が形成されている。平滑化膜227の材質、膜厚等に関する事項は(図23)(図27)等と同一である。この平滑化膜227はTFT241上にも形成され、TFT241の保護膜となるとともに絶縁膜としても機能する。平滑化膜227上に3原色のカラーフィルタ223(R、G、Bもしくはシアン(C)、イエロー(Y)、マゼンダ(M))が形成されている。なお、カラーフィルタ223は(図23(b))でも説明したように平滑化膜として機能させてもよい。また、カラーフ

フィルタ 2 2 3 上に平滑化膜 2 2 7 を形成してもよく、また、カラーフィルタ 2 2 3 は画素電極 2 3 0 上に形成してもよい。この場合は、画素電極 2 3 0 は反射電極としてもよい。

【0339】カラーフィルタ 2 2 3 には光拡散材を充填し、適度な光拡散性をもたせてもよい。また、カラーフィルタ自身に微小な凹凸を形成することにより、視野角を拡大させることも有効である。また、赤色のカラーフィルタは色純度がとれにくいいため、少量の青色の混入させて見かけ上の色純度を向上させることも有効である。また、各 3 原色のカラーフィルタは隣接する箇所で重ねて形成し、BM として機能させてもよい。また、ソース信号線上にカラーフィルタを積み重ね、積み重ねた厚みを液晶層 2 2 6 の膜厚と一致させることにより、スペーサとして用いてもよい。

【0340】カラーフィルタをソース信号線等上に形成することにより、電界シールドとして機能させることができる。さらにその上に導電体からなる膜を形成し、所定電位に固定することによりソース信号線からの電界を完全にシールドすることができる。したがって、液晶の異常配向による光漏れは発生しなくすることができる。

【0341】TFT 2 4 1 上には、アクリルにカーボンブラックを混入させた物質からなる BM 2 2 4 を形成している。この BM 2 2 4 は TFT に入射する光を遮光する。その他、BM 2 2 4 としては（図 2 2）（図 2 3）で説明した材料を用いることができる。

【0342】しかし、BM 2 2 4 を樹脂を形成すると剥離が発生しやすい。樹脂 BM 2 2 4 は密着性が悪いのである。そのため、（図 1 3 4）に示すように BM 2 2 4 上にも画素電極 2 3 0 を形成している。画素電極 2 3 0 が BM 2 2 4 上から押圧し、剥離することを抑制する。また、画素電極 2 3 0 はコンタクトホールを通じて TFT 2 4 1 のドレイン端子と接続させるとともに、カラーフィルタ 2 2 3 上を被覆する。

【0343】なお、アレイ基板 2 2 1 上に共通電極（（図 2 7）の共通電極 2 7 4 を参照）を形成し、この共通電極と画素電極 2 3 0 間にカラーフィルタ 2 2 3 をサンドイッチしてもよい。この共通電極と画素電極 2 3 0 とが付加容量 2 6 2 の電極となる。また、この共通電極を反射膜 2 7 3 とすることにより、（図 2 7）と同様の構成を実現することができるとともに、表示パネルを反射型あるいは半透過型にすることができる。

【0344】表示パネル 2 1 にマイクロレンズアレイ 1 1 1 2 を付加することは開口率の向上等に有効である。マイクロレンズアレイ 1 1 1 2 を付加した構成を（図 1 2 6）に示す。

【0345】まず、（図 1 2 6）を説明する前に（図 1 2 6）の表示パネル 2 1 をライトバルブとして用いた投射型表示装置について（図 1 2 4）を用いて説明をしておく。

【0346】（図 1 2 6）において、2 1 は本発明の表示パネルである。表示パネル 2 1 は反射型あるいは半透過型に形成する。また、表示パネルを冷却するために裏面にヒートシンク 8 0 5 が取り付けられている。ヒートシンクは、シロッコファンにより冷却空気がふきつけられる。また、偏光ビームスプリッタ（PBS）8 7 1 と表示パネル 2 1 を一体として筐体に組み込み、この筐体内を 2 ～ 8 気圧の水素で充填し、この水素を流動させることにより冷却を行ってもよい。水素は冷却能力が高いからである。また、筐体内にアルカリ性の水を充填し、冷却を行ってもよい。表示パネル 2 1 と PBS 8 7 1 とは光結合層 1 2 6 a により一体とされているので、表示パネル 2 1 の結像面近傍には水が浸入せず、水が加熱されて揺らぎが生じても画像のひずみは生じない。

【0347】なお、（図 1 2 4）はキューブ状の PBS としたが、これに限定するものではなく、板状の PBS でもよく、また偏光分離型に限定するものではなく、ダイクロイックミラー、ハーフミラー等でもよい。また、光結合層 1 2 6 9 は限らずしも必要なものではない。しかし、形成する（配置する）ことにより不要な反射がへり、光利用効率も向上する。また、PBS 等において、画像表示に有効な光が通過する領域以外（無効領域）には光吸収膜もしくは光吸収部材を取り付けておく。たとえば、黒色塗料を塗布する等である。黒色塗料等を形成することにより、PBS 等あるいはダイクロイックミラー等内で乱反射する光を吸収でき、表示コントラストを向上することができる。

【0348】PBS 8 7 1 の光出射面には、偏光板（偏光フィルム）1 2 4 1 を配置する。このように偏光板 1 2 4 1 を配置し、偏光板 1 2 4 1 の偏光軸を PBS 8 7 1 の偏光軸と一致させることにより、表示コントラストを向上させることができる。偏光板 1 2 4 1 は PBS に直接にはりつける。また、偏光板 1 2 4 1 とレンズ 7 9 5 b 間にも光結合層 1 2 6 b を配置する。この光結合層 1 2 6 b は偏光板 1 2 4 1 の冷却用としても機能する。また、光結合層 1 2 6 b を設けず、レンズ 7 9 5 b と偏光板 1 2 4 1 間に水素を充填もしくは、流動させて偏光板 1 2 4 1 等を冷却してもよい。

【0349】放電ランプ 7 9 1 から放射された光 1 8 はダイクロイックミラー 5 3 3 に入射する。放電ランプ 7 9 1 は超高圧水銀灯（UHP ランプ）、メタルハライドランプ、キセノンランプ、ハロゲンランプが例示され、その他、小型の応用展開としてクリプトンランプ、タングステンランプ、白色 LED、蛍光灯（ランプ）が例示される。放電ランプ 7 9 1 から放射された光 1 8 の一部は凹面鏡（放物面鏡、だ円面鏡）7 9 2 で反射され、前面に放射される。

【0350】ダイクロイックミラー 5 3 3 B、5 3 3 G、5 3 3 R は、それぞれ光 1 8 の主光軸の入射角方向に対してそれぞれ角度を変化させて配置されている。ダ

イクロイックミラー533Bは青(B)の光18Bを反射し、533Rは赤(R)の光18Rを反射し、533Gは緑(G)の光18Gを反射する。ダイクロイックミラー533B、533R、533Gは傾きを変化させて配置されているため、光18B、18R、18Gは主光線の角度が変化する。

【0351】(図125)は、従来の表示パネルの構成図もしくは、本発明の表示パネルの特徴を説明するための説明図である。(図124)に示す入射光18Bは18a1となり、入射光18Rは18b1となり、入射光18Gは18c1となる。

【0352】1つのマイクロレンズ18bは3つの反射電極230a、230b、230cに対応して配置されている。入射光18b1は垂直に入射するから同一経路の反射光18b2となる。入射光18b1は垂直に入射するから同一経路の反射光18b2となる。

【0353】入射光18c1は反射電極230cに対し、角度 $\theta_1$ で入射するため、反射光18c2となり、一方、入射光18a1は反射電極230aに対し、角度 $\theta_2$ で入射するため、反射光18a2となる。したがって、反射光18b2は再びマイクロレンズ186に入射するが、反射光18a2、18c2はマイクロレンズに入射しない。入射しないということは、PBS871を介して投射レンズ797に入射しないことになる。したがって、(図124)の投射型表示装置では色バランスがとれないかしくは、光利用効率が極めて悪くなる。

【0354】本発明の表示パネルはこの課題に対処するために(図126)に示すように反射電極230a、230cに所定の角度 $\theta_3$ を持たせて構成したものである。なお、(図126)等において図面は2次元状であるが、実際には反射電極230等は3次曲線状に形成してもよいことは言うまでもない。また、マイクロレンズ186もシリンドリカルレンズ状に限定されるものでもなく、単レンズあるいは両凸レンズでもよいことは言うまでもない。また、マイクロレンズ186は正のパワーをもつように構成すればよいが、場合によっては負のパワーを有するものを採用したり、正のパワーと負のパワーをもつマイクロレンズを組み合わせ用いてもよい。

【0355】反射電極230aと230cの角度 $\theta_3$ (DEG.)は $2 \leq \theta_3 \leq 12$ とし、好ましくは $3 \leq \theta_3 \leq 8$ とする。また、反射電極の傾きは平滑化膜246を形成する際、スタンプ技術を用いて形成したり、ガラス基板221を化学的エッチングあるいは機械的研磨技術等を用いて形成すればよい。

【0356】(図126)のように反射電極230aと230cとを傾けて形成することにより、入射光18a1は同一または類似の経路18a2を通過し、入射光18c1の反射光18c2は同様に類似または同一の経路を主光線が通過することになる。したがって、入射光18a2、18b2、18c2はいずれも再びマイクロレ

ンズ186に入射することになるから、光利用効率を大幅に向上させることができるようになる。

【0357】なお、(図126)において、反射電極230cの角度 $\theta_3$ と反射電極230aの角度 $\theta_3$ とは同一の角度の大きさとしたがこれに限定するものではなく、変化させてもよい。また、反射電極230bにも角度をつけてもよい。また、反射電極230の角度は偏心させてもよい。

【0358】より具体的には(図126)の構成は(図127)の図面図で図示される。(図127)においてマイクロレンズアレイ183はスタンプでマイクロレンズ186を形成し、マイクロレンズ186の凸部を形成し、凹部を低融点ガラス1271でモールドしている。マイクロレンズ186の焦点距離は空気中でマイクロレンズの直径(もしくは対角長)の2.5倍以上5倍以下にすることが好ましい。なお、さらに色純度を向上させるために対向電極225上にまたは画素電極230上にカラーフィルタを形成することが好ましい。

【0359】しかし、(図127)のように構成すると液晶層226の膜厚が異なる。膜厚が異なると色ムラが生じたり、光変調効率を低下させる。たとえば、反射電極230bの膜厚 $t_1$ と反射電極230cのエッジ部の膜厚 $t_2$ とは異なることになる。この課題を対処したのが、(図128)の構成である。反射電極230上に平滑化膜227を形成している。このように構成することにより、液晶膜厚226は一定の膜厚にすることができる。(図128)の平滑化膜227はカラーフィルタに置き換えてもよい。また、対向基板222に反射電極230との間隔を均一とするように凹凸を形成してもよい。

【0360】(図128)の構成において、平滑化膜227の屈折率を液晶層226より高くすれば(図129)に示すように、入射光18aは平滑化膜227に入射した際に低角度となり、反射電極230で反射し、再び平滑化膜227を射出する際には、ほぼ垂直に近い出射光18dとすることもできる。したがって、液晶層226の蛍光屈折率に対し、平滑化膜の屈折率は0.05以上0.2以下とすることが好ましい。さらには0.08以上0.15以下とすることが好ましい。

【0361】しかし、(図128)に構成においても、液晶層226の膜厚は一定になるが、各画素電極230と対向電極225まで距離がそれぞれ異なるという課題が発生する。距離が異なれば、液晶層226への印加電圧に強弱が生じてしまう。これは光変調不良に直結する。

【0362】この課題に対する構成が(図130)の構成である。画素電極230は透明電極で形成されている。画素電極230の下層に平滑膜227で絶縁された反射膜273が形成されている。

【0363】アレイ基板(シリコンベースド基板)22

1には、まず、反射膜273の凹凸を形成するために低融点ガラス、光硬化樹脂が塗布される。この上にスタンプ技術を用いて凹凸が形成される。凹凸の固定は加熱あるいは光を照射することにより行う。246が光硬化型樹脂であり、アレイ基板221が透明の場合は光効果型樹脂である凹凸膜246は裏面のAの方向から紫外線光を照射すればよい。アレイ基板221がシリコン基板などの光不透過材の場合は、スタンプ部材を光透過型のものを用いるか、246を熱硬化型あるいは常温硬化型のものを用いる必要がある。

【0364】凹凸膜246の上にAl, Ag, Auもしくは誘電体多層膜からなる反射膜273を形成する。Alの場合は膜厚を0.6μm以上1.6μm以下に形成する。ただし、凹凸膜との密着性を良好なものとするため、凹凸膜246上にTi, Crなどの他の物質を仲介させてその上に反射膜のAl, Ag等を形成する。

【0365】反射膜273上に平滑化膜227を形成する。平滑膜227の構成材料、平滑化方法等は(図22), (図23)等で説明しているから省略する。以上のような本発明では同一符号、記号等あるいは同一名称等で記載しているものは、同一内容構成、方式もしくは類似内容、構成、方式である。また、適時参照して内容等を把握することが可能である。

【0366】平滑化膜227上に透明材料からなる画素電極230が配置される。また(図130)のように必要に応じて対向電極225上もしくは、対向電極225下あるいは画素電極230上にカラーフィルタ223が形成される。

【0367】(図130)のように構成することにより、液晶膜厚226は均一となるとともに液晶層226に印加される電圧も均一となる。なお、反射膜273は3次元状とすることが好ましいことは言うまでもない。また反射膜273は付加容量の電極として使用するために、共通電極電位に保持しておくことが好ましい。

【0368】より具体的には(図130)の構成は(図131)のように構成される。(図131(a))ではアレイ基板221上にTF T 241が形成され、TF T 241のドレイン端子と反射膜273とが接続部245aで接続されている。さらに画素電極230とは平滑化膜246bにけられたコンタクトホールを通じて接続部245bで接続されている。したがって、(図131(a))の構成では反射膜273と画素電極230とは同一電位とされている。この場合、(図131(a))のCの箇所に形成し、これを共通電極とすることにより、この電極と反射膜273を電極として付加容量を構成することができる。

【0369】一方、(図131(b))の構成では反射膜273には穴がけられている。この穴を介して、TF T 241のドレイン端子と画素電極230とが直接、接続部245で電氣的に接続されている。反射膜273

は共通電位とし、反射膜273と画素電極230を電極として付加容量を構成する。さらに(図131(b))の点線Dで示すように、TF T 241と電極的に接続された電極を形成することにより、反射膜273を共通電極として、反射膜273と画素電極230から構成される付加容量とし、反射膜273と点線Dを電極とした付加容量2が構成される。したがって、十分な付加容量を作製することができる。

【0370】なお、(図132)に示すように反射膜273上に微小凸部1321を形成してもよい。画素電極230あるいは、反射膜273上に形成する微小凸部に関しても(図23)(図22)等で説明しているので説明を省略する。また、(図133)は平滑化膜をカラーフィルタ223としたものである。

【0371】なお、マイクロレンズアレイ183は、スタンプ技術を用いてマイクロレンズ186を形成したとしたが、これに限定するものではなく、日本板硝子(株)が製造しているもののようにイオン交換法を用いて形成したものでもよいことは言うまでもない。

【0372】また、(図133)等において、1つのマイクロレンズ186に対して3つの反射電極230が対応するとしたがこれに限定するものではなく、2つでもよいし、また4つ以上でもよいことは言うまでもない。また、反射電極230あるいは反射膜273を3次元状(半球状)にし、マイクロレンズ186からの光を、良好に主光線が進む角度を変化させて、再びマイクロレンズ186に入射させるという技術的思想は、1つのマイクロレンズ186に1つの画素230あるいは反射膜273が対応する場合であっても適用することができる。

【0373】表示パネル21を反射型で用いる場合、(図22)に示す入射光18aが画素電極230で反射し、反射した光18bが観察者の眼826に直接入射するという問題がある。特に、液晶層226がPD液晶の場合で、ノーマリホワイト(NW)モードの場合、画像の白黒とが反転して表示される。この現象は表示パネル21が透過型の場合でも発生する。バックライト16からの光18cが直接、観察者の眼826に入射する場合があるからである。

【0374】この課題に対して、本発明では表示パネル21の光入射面に(図135)に示すようなプリズム板(シート)23を配置する。プリズム板23は表示パネル21とオプティカルカップリングさせることが好ましい。

【0375】プリズム板23aと23bとはわずかな空気ギャップ1351と介して配置されている。空気ギャップ1351は空気ギャップ1351中に散布されたビーズで保持されている。なお、空気ギャップ1351の厚み(間隔)aは、液晶表示パネル21の画素の対角長をdとしたとき、次式を満足させることが好ましい。

【0376】 $d/10 \leq a \leq 1/2 \cdot d$  (数式9)

さらには、

$$1/5 \cdot d \leq a \leq 1/3 \cdot d \quad (\text{数式10})$$

の条件を満足させることが好ましい。プリズムの凸部の繰り返しピッチは(数式7)(数式8)の条件を満足させることが好ましい。

【0377】また、プリズムが液晶層226となす角度 $\theta$ (DEG.)は、

$$25^\circ \leq \theta \leq 60^\circ \quad (\text{数式11})$$

とすることが好ましく、さらに、

$$35^\circ \leq \theta \leq 50^\circ \quad (\text{数式12})$$

の関係を満足させることが好ましい。

【0378】プリズム板23は色補正のために着色したり、多少の散乱性を付加するために光拡散材を添加してもよい。その他、プリズム板23aの表面をエンボス加工を行ってもよく、また反射防止膜229を形成してもよい。また、プリズム板23の平面部に偏光板をオプティカルカップリングさせてもよい。また、プリズム23aと23b間の空気ギャップ1351の保持はビーズの他、ファイバーを用いてもよい。これらのビーズ、ファイバーは黒色のものを用いることが好ましい。その他、プリズム板23の傾斜面に凸部を形成し、この凸部で空気ギャップ1351を保持してもよい。また、空気ギャップ1351に接する面には反射防止膜229を形成しておくことが好ましい。また、各プリズム板において、画像表示に有効な光が透過しない領域(無効領域)には光吸収膜を形成しておくことが好ましい。

【0379】(図135)のように、入射光18aは空気ギャップ1351に影響されず、表示パネル21に入射する。また、表示パネル21からの出射光18cも空気ギャップ1351に影響されず出射する。一方、本来、観察者の眼826に直接入射する角度の光18bは空気ギャップ1351により全反射する。したがって、観察者の眼826に到達することはない。また、Aの部分に光吸収膜を形成しておけば、プリズム板23内で乱反射する光もなくなる。

【0380】以上のように空気ギャップ1351を有するプリズム板23を表示パネル21の光出射面に配置すれば、画像が白黒反転するという現象を低減もしくは消滅させることができる。なお、これは主と反射型あるいは半透過型パネルの場合である。透過型の場合は、プリズム板23を表示パネル21とバックライト16間に配置することにより、観察者の眼826に直接入射する光を防止できるから、同様に画像が白黒(ネガポジ)反転するという事はなくなる。

【0381】なお、(図135)においてプリズム板23の斜面は直線状としたがこれに限定するものではなく、円弧状であったり、球面状であったり、微小な凹凸を形成したりしてもよい。

【0382】以上のプリズム板23、空気ギャップ1351等に関する事項は(図136)などの本発明の他の

プリズム板、表示装置等に関しても適用できることは言うまでもない。

【0383】また、(図136)のような、プリズム板23を表示パネル21の入射面に配置してもよい。(図136)のプリズム板23は、プリズム板というよりは、透明基板に斜めに細いスリット(これが空気ギャップ1351となる)を形成したものである。スリット1351は表示画面に対し左右方向にストライプ状(横ストライプ)に形成する。なお、スリット1351は基板目状に形成してもよい。つまり、縦、横にストライプ状に形成するのである。

【0384】(図137)に示すように、光18a、18bはそのまま直進して表示パネル21に入射する。反射電極230で反射し、観察者の眼826に直接入射する光18cは空気ギャップ1351で全反射し、反射光18dとなる。したがって、表示パネル21の画像が白黒反転するという現象は発生しない。

【0385】空気ギャップ1351は(図138(a))に示すようにビーズ1381で確保してもよいし、(図138(b))のように突起181で形成してもよい。また、空気ギャップ1351の代わりに低屈折率材料を用い、(図138(c))のように低屈折率材料1382と高屈折率材料1383とを交互に形成してもよい。高屈折率材料1383とは、ITO、TiO<sub>2</sub>、ZnS、CeO<sub>2</sub>、ZrTiO<sub>4</sub>、HfO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ZrO<sub>2</sub>、あるいは、高屈折率のポリイミド樹脂が例示され、低屈折率材料1382はMgF<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>あるいは水、シリコンゲル、エチレングリコールなどが例示される。

【0386】また、(図137)の空気ギャップ1351が、液晶層となす角度 $\theta$ (DEG.)は

$$40^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$$

の関係を満足させることが好ましい。さらには、

$$45^\circ \leq \theta \leq 65^\circ$$

の関係を満足させることが好ましい。

【0387】なお、プリズム板23の表面あるいは裏面には偏光板などの偏光手段を配置してもよい。また、プリズム板23の表面あるいは前記偏光板の表面には誘電体多層膜あるいは低屈折率(屈折率1.35以上1.43以下)の樹脂膜からなる反射防止膜229を形成しておくといよい。さらには、プリズム23の表面をエンボス加工などの微小な凹凸を形成しておくといよい。うつりこみが低減されるからである。また、画像表示に有効な光が通過しない領域には光吸収膜を形成しておくことが好ましい。つまり、これらの事項は(図135)と同様である。

【0388】(図136)に示した構成では、プリズム板23中にスリット状に空気ギャップ1351を形成するものとしたが、(図139)のように構成してもよいことは言うまでもない。(図139)では矩形状のプリ

ズム板23aと23bとを空気ギャップ1351を保持して配置した構成である。なお(図136)(図139)のプリズム板は(図135)で説明したように、表示パネル21とバックライト16間に配置してもよい。

【0389】(図29)は本発明の駆動方法の説明図である。特に、高温ポリシリコンあるいは、低温ポリシリコン等の表示領域と同時にソースドライブ回路も形成する表示パネル、あるいは(図23)のようにソース信号線228と画素電極230とが重なった構成に有効である。寄生容量を2フィールド(2フレーム)でキャンセルできるからである。たとえば、(図22)において、ソース信号線228aと228bとに逆極性の映像信号が印加されていれば、画素電極230とソース信号線228a間の寄生容量と、画素電極230とソース信号線228b間の寄生容量がうちけしあい、画素電極230の電位が変動しなくなるからである。ただし、本発明の駆動方式で画素色が3原色(3種類)の場合、 $3 \times 2 = 6$ フレームで1周期となる。

【0390】基本的な駆動方式としては以下のとおりである。

(1) 一つの画素行においては、同一色の画素には同一極性の映像信号を印加する。

(2) 3原色の色のうち、1色は他の2色と印加する映像信号の極性を逆極性とする。

(3) フレームごとに画素に印加する映像信号の極性は反転させるが、6フレームに1回、1色は第1のフレームと次の第1のフレームとで同一極性の映像信号を印加する。

【0391】表示パネル21にはR、G、B(もしくは、シアン、イエロー、マゼンダ)の3原色のカラーフィルタ223が形成されている。この時の画素230に印加する映像信号の状態を(図155)に示す。なお、説明を容易にするために(図155)に示す信号中心よりも高い電圧の場合を“+”、低い場合を“-”として図示する。また、(図155)において、横方向を画素行方向と、縦方向を画素列方向とする。映像信号は行単位で順次印加される。

【0392】(図155(a))では任意の画素行において、RおよびBの画素230は“+”、Gの画素230は“-”の映像信号が印加されている。したがって、任意の画素行で“+-+-+-+-+”と映像信号が印加されている。(図155(b))は1フレーム後の画素の映像信号印加状態である。(図155(b))ではRおよびBの画素230は“-”，Gの画素230は“+”の映像信号が印加され、任意の画素行で“-+-+-+-+-+”と映像信号が印加されている。つまり、(図155(a))と(図155(b))とは逆極性である。また、(図155(a))と(図155(b))とでは画素230に印加されている映像信号の極性を反転させている。したがっ

て、液晶層226には交流信号が印加されるから、液晶が劣化することがない。

【0393】本来、任意の画素行において印加する映像信号の極性は“+-+-+-+-+”とすることが最も好ましい。しかし、これを実現するには(図122

(a))の1行1列のR画素230が“+”であれば、1行5列のR画素230には“-”電圧を印加するように駆動する必要がある。

【0394】この駆動方法を実現しようとする、画素をサンプリングするクロックが非常に速くなる。また、ソース信号線に接続されたソースドライブ回路において映像信号の極性反転を高速に行う必要がある。高速化はソース信号線に大きな容量があり困難性を伴う。また、ソースドライブ回路のモビリティを高くするか、ドライブ回路サイズを大きくする必要がある。したがって、この駆動方法は、ドライブ回路を高温ポリシリコンあるいは低温ポリシリコン技術で作製した場合、ドライブ回路の動作周波数が高くなり、課題が多い。また、映像信号処理回路も高速な部品が要求されるため高価となる。

【0395】(図155)の駆動方法では、一水平走査期間(1Hつまり1行)内ではR、G、Bのそれぞれの映像信号の極性は変化しない。たとえば(図155

(a))の一行目のRの画素は1Hの間はずっと“+”極性である。したがって、低温ポリシリコン等でも容易に実現できる。ただし、1画素行で“+-+-+-+-+”と隣接した画素の映像信号の極性が同一なのでフリッカが生じやすい。しかし、(図155(a)(b))のようにフレームごとに画素230に印加する映像信号の極性を反転させれば、フリッカはほとんど生じなくすることができる。

【0396】(図29)は(図155)をより具体的に示したものである。ソース信号線228に印加する信号状態および寄生容量291を付加して説明をするものである。寄生容量291は主としてソース信号線228と画素電極230との結合によって発生する。なお、(図29)においてはまる印でTFT241を示している。また、ソース信号線228に印加する映像信号の極性は+のとき(+)で示し、-のとき(-)で示す。極性の+-は通常対向電極225の電位を基準とする。

【0397】(図29(a))は(図155(a))の状態が対応し、(図29(b))は(図155(b))の状態が対応する。なお、駆動順序は(図29(1))が第1フレームの状態とすれば、(図29(2))が次の第2フレームの状態、(図30(3))が第2フレームの次の第3フレームの状態、(図30(4))が次の第4フレームの状態、(図31(5))が第5フレームの状態(図31(6))が第6フレームの状態である。(図31(6))の次は(図29(1))の状態となる。

【0398】説明を容易にするために寄生容量291



a, 291bとは同一と考え、また、+極性の映像信号の振幅と-極性の映像信号の振幅とは同一とする。したがって、(図29(1))のRの画素230R1はソース信号線229aが+極性、229bが-極性であるから、寄生容量291a, 291bにより同一の大きさでかつ反対極性の交流信号が画素230R1に印加されるから、寄生容量291はキャンセルされる。したがって、画素電極230R1では印加されて保持されている電位の変動は生じない。同様に、画素230G1についても同様に寄生容量291aと291bはキャンセルされる。

【0399】B画素230B1, 230B2…は左辺のソース信号線229aが+極性で、右辺のソース信号線も+極性であるから、電位変動を引きおこす。また、次のフレーム(図29(2))では左右のソース信号線の映像信号の極性が同一の-極性であるから、電位変動をひきおこす。しかし、第1フレームが+極性で、第2フレームが-極性であるから、全体として電位変動の影響は打ち消しあい、目だちにくい。さらに(図30

(3))~(図31(6))では、左右の映像信号の極性が反対極性となっているためさらに目だちにくい。

【0400】(図30(3)(4))では、G画素230G1, 230G2…の両端のソース信号線228の極性が同一であるため、電位変動を引きおこすが、他のフレームではソース信号線228には互いに逆極性の映像信号が印加されているので全体として目だちにくくなる。

【0401】同様に(図31(5)(6))ではR画素230R1, 230R2…の両端のソース信号線が同一極性であるから電位変動が発生する可能性があるが、他のフレームでは逆極性が印加されているので実用上は問題がない。ただし、(図30(4))の画素230R1と(図31(5))の画素230R1のように画素に印加される電圧極性が、2フレームにわたり同一となるので多少フリッカはめだちやすくなっている。しかし、他の画素とは保持する電圧の極性が異なっているので、パネル21全体としてフリッカの発生はない。

【0402】(図29)~(図31)において、2フレームにわたり両端のソース信号線の極性が同一(たとえば、(図29(1)(2))において、画素230B1の両端のソース信号線229a, 229bとしたが、これに限定するものではない。たとえば、(図29

(1))において、B画素230B1の両端ソース信号線229の映像信号へ極性を(+)とし、(図29

(2))においては、(-)としたが、(図29

(2))ではB画素230B1の両端のソース信号線の極性を互いに逆極性とし、G画素230G1の両端のソース信号線の極性を同一極性となるようにしてもよい。また、(図29)等では1つの画素列の画素電極230はすべて同一極性の電圧を印加するとしたが、これに限

定するものではなく、(図32)に示すように一面素行ごとに電圧の極性を反転させてもよい。

【0403】なお、(図32(a))が第1フレームの状態とすれば、(図32(b))は次の第2のフレームの状態を示している。また、以上の説明ではフレームごとにソース信号線に印加する信号の極性を反転としたが、これに限定するものではなく、フィールドごとに反転させてもよい。しかし、液晶表示パネル等ではプログレッシブ表示であるから、フィールド=フレームとなる場合がほとんどである。また、疑似インタレース駆動のように2本の画素行に同一映像信号を印加する場合は、2本の画素行を一単位として(上下の2画素を一単位として)、(図29)~(図31)の駆動方法を実施すればよい。

【0404】また、本発明の駆動方法はストライプ状の画素配置のみに対応するものではなく、(図33)に示すようなモザイク状(1/2画素ずらし、3/2画素ずらし、3/4画素ずらし)の表示パネルでも適用できる。また、本発明の駆動方法は液晶表示パネルのみに適用されるのではなく、アクティブマトリックス型のEL表示パネルにも適用できる。また、画素色は3原色に限定するものではなく、4色以上でも、また2色でもよい。また、フィールドシーケンシャルにR, G, Bの光をフレームごとに切り換えて表示する場合は、カラーフィルタという概念はない。しかし、フィールドシーケンシャルのパネルにも適用できることは言うまでもない。

【0405】以下、主として動画表示状態等を改善する本発明の表示装置の駆動方法について説明をする。

【0406】(図34)は本発明の表示装置の構成図である。1例としてバックライトとしての導光板14は14a, 14bの2つの部分に分離されている。導光板14aの一辺には蛍光管141aが取り付けられており、導光板14bの1辺には蛍光管141bが取り付けられている。具体的には蛍光管141bが画面の上部(上辺)に配置され、141aが下部(下辺)に配置されると考えればよい。

【0407】導光板14aと14bとの境目(Aの箇所)には、導光板14aと14b間の光の入出を抑制するため、遮光板あるいは反射板を配置する(図示せず)。しかし、間隔Aは極力短いことが好ましい。なお、(図34)において、導光板14a, 14bを分離するとしたが、限らずしもこれに限定するものではなく、1つの導光板でもよく、また、3つ以上に分離されたものでもよい。

【0408】導光板14の光出射側には導光板14a, 14bの境目を見えにくくするため拡散板22等が配置され、またプリズムシート23が配置されている。

【0409】(図135)は表示方法の説明図である。

(図35(a))は蛍光管141aが点灯し、141bが消灯の状態を示す。したがって、画面16の上部は非

表示状態81となり、下部は表示状態82となる。(図35(a))の状態では(図35(a))の右図に示すように表示パネル21の画像表示部の107aが画像書き換え途中状態である。以上のことから(図35

(a))では、画像表示部107bは液晶の透過率変化が終了した領域であり、この領域のみが画像が見える状態となっている。

【0410】一方、(図35(b))では蛍光管141bが点灯し、蛍光管141aが消灯状態である。この時は画像表示部107の下部が画像書き換え状態である。つまり、(図35)に示す表示方法は画面の下部が表示状態のときは、画面上部を書きかえており、画面の上部が表示状態のときは、画面下部は書き換え状態である。そして、透過率が所定値となった部分に該当する表示領域を点灯させるのである。

【0411】なお、(図34)(図35)において蛍光管141aと141bは交互に点灯するとしたが、2つの蛍光管が1/2時間ずつ分割することに限定するものではなく、1方が1/4フレームの時間点灯し、他方が3/4フレームの時間点灯するとしてもよい。また、各蛍光管が1/4フレーム時間ずつ点灯し、1/2フレーム時間は両方の蛍光管が消灯状態でもよいし、各蛍光管が2/3フレーム時間ずつ点灯し、フレーム時間の所定時間は両方の蛍光管が点灯している状態としてもよい。ただし、動画表示の改善効果は、蛍光管の点灯時間が短い方が効果が高い。2つの蛍光管の点灯時間を加えた時間 $T_1$ は、液晶表示パネル1画面が書き換えるに要する時間(フレーム時間) $t$ に対して以下の関係を満足させることが好ましい。

【0412】

$$(1/4) \leq T_1/t < 3/4 \quad (\text{数式13})$$

上式において、 $T_1/t$ の値が小さくなるほど画面は暗くなるが、動画表示能力は向上する。

【0413】また、(図35)において、蛍光管141bと141aは交互に点灯するとしたがこれに限定するものではなく、蛍光管141b→141a→141a→141b→141b…というように上下の点灯を反転させてもよい。ただし、この場合も蛍光管の点灯位置と逆方向の画面を書き換えるように表示パネル21を制御する。つまり、画面の表示方向は上→下、下→上、上→下…となる。また、蛍光管141はLEDアレイ11などに置き換えてもよいことは言うまでもない。

【0414】以上に記載した事項は、本発明の他の表示装置、表示方法等にも適用できることは言うまでもない。

【0415】(図34)は2つの導光板14a、14bを用いた構成であったが、(図36)は1つの導光板の上辺と下辺に蛍光管141b、141aを配置した構成である。導光板14はゆるやかにくさび状に形成されている。そのため、蛍光管からの光は導光板に効率よく入

射し、また導光板14から均一な光が放射されるようになる。

【0416】蛍光管141bは導光板14bの部分で照明し、蛍光管141aは導光板14aの部分で照明する。したがって、(図34)と照明部分の分担割合等は同一であるが、(図36)の場合は、Bの部分の形状を適正に加工することにより導光板14aと14bとの境目が目だちにくくすることができる。

【0417】(図91)は表示画面107の書き換え速度を定倍もしくは高速にし、1画面を書き換えてから、蛍光管141を点灯し、表示画像を見えるようにするものである。まず、伝送されてきた映像データは、メモリに格納され時間軸変換される。たとえば、倍速変換される。

【0418】(図37(a))は画面書き換え途中状態である。導光板の両端に配置された蛍光管は2本とも消灯状態である。(図37(b))は画面107上部の蛍光管141aが点灯し画像が表示される。(図37

(c))は再び蛍光管141a、141bは消灯し、画面107は見えなくなる。この状態が黒表示である。

(図37(d))では、今度は下辺の蛍光灯141bが点灯し、画像を表示する。そして再び(図37(a))から繰り返される。

【0419】(図37)の駆動方法では、(図37(b))(図37(d))で蛍光灯141a、141bが交互に点灯するため、画面の輝度傾斜等は発生しない。また、(図37(a)(c))で黒表示を行うため、画像のキレはよくなる。したがって良好な画像表示を実現することができる。

【0420】なお、(図37(b)(d))において、蛍光灯141a、141bを同時に点灯させてもよいことは言うまでもなく、また、(図37(b)(d))の状態でもまだ画像書き換え途中であってもよい。黒表示状態は数式13にも示すように1/4以上、3/4の時間を確保することが好ましい。

【0421】また、本発明の表示方法において黒表示を行うと表現したが、この黒表示とは画面がみえなくなる状態をいう。したがって灰色表示であってもよいし、ブルーバック表示も含まれる。また表示画像の種類によっては白表示であってもよい。

【0422】(図38)の表示方法も有効である。(図38)においても(図38(a)(c))においては、蛍光灯141aが点灯し画面上部もしくは近傍を中心として画像表示状態とする。また(図38(b)(d))においては蛍光灯141bが点灯し、画面下部もしくは近傍を中心として画像表示状態とする。

【0423】(図38(a))では右側列の図に示すように、表示領域107の半分以上の画面が書きかわっている。したがって、上部半分は完全に所定の透過率(定常表示状態)となっている。また、(図38(b))で



は表示領域107bは定常状態となっている。同様に、(図38(c))では上部の表示領域107aは定常状態となっており、(図38(d))では下部の表示領域107bは定常状態となっている。

【0424】以上のように、表示パネル21の画像書き換え状態とを同期をとってバックライトを点滅させることにより、良好な画像表示を実現できる。

【0425】(図119)は(図117)(118)のようにR、G、B等の3原色を発光する素子11が取り付けられ、また配置された場合の表示方法である。表示はフィールドシーケンシャルにカラー表示が行われる。

【0426】(図119)の右側図に示すように、表示画面は赤色表示画像107R、緑色表示画像107G、青色表示画像107Bが順次表示される。また、導光板のエッジ部あるいは裏面に配置されたLED(発光素子)が順次走査状態で点灯する。(図119)の左側図に示すように、右側図のR画像107Rの表示箇所はRの発光素子が点灯し(82R)、Gの画像107Gの表示箇所はGの発光素子が点灯し(82G)、Bの画像107Bの表示箇所はBの発光素子が点灯(82B)する。Rの発光領域82RとBの発光領域82BとGの発光領域82GとBの発光領域82B間、Bの発光領域82BとGの発光領域82G間は非点灯領域81(バックライト16から光が放射されない領域もしくは、表示パネル21に画像が表示されない領域)となっている。

【0427】したがって、画像表示状態は、表示パネル21の任意の位置において、R表示→黒表示→G表示→黒表示→B表示→黒表示→R表示→…と表示される。この際、R表示+黒表示期間(もしくは、G表示+黒表示期間、B表示+黒表示期間)をTとすれば、黒表示期間kは

$$1/4 \cdot T \leq k \leq 3/4 \cdot T \quad (\text{数式14})$$

の条件を満足させることが好ましい。

【0428】以上の実施例は、蛍光灯114など発光素子を点滅させることにより表示画面の一部を表示状態とするものであった。(図39)はバックライト16は常時点灯させ、このバックライト16からの光の一部を遮光し、表示パネル21の一部領域の画像を観察できるようにしたものである。もちろん、バックライトを点滅させたり、光放射領域を走査状態にすることと組み合わせてもよい。

【0429】(図39)において、表示パネル21bは光出射領域を制御するものである。表示パネル21bはベタ電極からなる対向電極225bと画素行方向にストライプ状に形成された複数の走査電極393を具備する。走査電極393は画素行に対応する本数を形成してもよいが、通常は10画素行以上200画素行以内に1つの走査電極393を形成する。もしくは、表示パネル21の垂直画素数をNとすると、 $N/50$ 以上 $N/5$ 以下となる本数を形成することが好ましい。

【0430】対向電極225bと走査電極393間にはPD液晶226bが挟持される。PD液晶226bの膜厚は、 $5\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下とし、さらに好ましくは $8\mu\text{m}$ 以上 $16\mu\text{m}$ 以下にする。また、PD液晶の水滴状液晶の平均粒子径もしくは、ポリマーネットワークの平均孔径は、 $0.7\mu\text{m}$ 以上 $1.5\mu\text{m}$ 以下とする。また、PD液晶226bは高分子と液晶とが層状に形成し、電圧の印加の有無により誘電体干渉による反射効果を引き起こしたり消滅させたりするような構成であってもよい。この際の膜厚は $6\mu\text{m}$ 以上 $18\mu\text{m}$ 以下にする。

【0431】偏光板431aと431bの偏光軸はクロスニコル配置とする。したがって、液晶層226bが透明状態のとき偏光板431aから出射する光は少なくなり(消滅し)、液晶層226bが散乱状態のとき、偏光板431aから出射される光の量は多くなる。

【0432】対向電極225bと走査電極393に印加される電圧は、基本的には液晶層226bを完全散乱状態にする電圧と、完全透過状態にする電圧の2値でよい。しかし、場合によっては印加する電圧を操作して、中間光散乱状態としてもよい。

【0433】表示パネル21aと表示パネル21b間はハレーションの防止および光損失の低減の観点から光結合層126でオプティカルカップリングしておくことが好ましい。

【0434】なお、(図39)で偏光板(偏光フィルム、偏光手段)431を用いるとしたが、用いなくとも、表示パネル21aに入射する光量は変化することはできる。また、液晶層226bはTN液晶や、強誘電液晶であってもよいことは言うまでもない。また、表示パネル21aの光出射側に偏光板431cを配置してもよい。この際は偏光板431cの偏光軸と、偏光板431aの偏光軸とはクロスニコル(直交)配置となるように配置する。

【0435】(図39)のように構成すれば、走査電極393に順次電圧を印加し、かつその印加位置を走査することにより、(図8)に示すように非点灯部81もしくは点灯部82を構成できる。この非点灯部81もしくは点灯部82の幅は電圧を印加する走査電極393の本数により自由に制御することができる。電圧を印加する走査電極の本数を多くすれば、幅は広がる。したがって、電圧を印加する走査電極の本数を制御することによって、表示パネル21aの表示画像を明るくしたり暗くしたり自由に制御することができ、また、動画表示特性も自由に制御することができるようになる。

【0436】(図39)の構成は、バックライト16から表示パネル21aに入射する光を表示パネル21bで制御するものであった。したがって、表示パネル21bを用いる必要があった。

【0437】この方法を(図42)に示す。(図42)

ではオン電圧を印加する走査電極393の本数を3本としているが、これに限定するものではなく、任意に制御することが可能である。(図42(a))から(図42(d))に示すように、所定本数の走査電極393をオンさせ、その位置を順次移動させる。移動は所定本数を組みとして段階的に位置を移動させても、一本ずつ順次移動させてもよい。

【0438】(図40)は表示パネル中に入射光制御用の液晶層226bと光変調用の液晶層226aの両方を有するものである。226bはPD液晶層である。PD液晶226b上に対向電極225が形成されている。このように液晶層上に直接、対向電極225を形成できるのは、PD液晶226bが固体だからである。この対向電極225とアレイ基板221間に光変調用の液晶層226aが挟持されている。

【0439】(図40)に構成しても、(図39)と同様に(図8)の表示状態を実現することができる。なお、表示パネル21の両面に偏光板431を配置することにより表示コントラストを向上できることは言うまでもない。また、液晶層226aはゲストホスト液晶など他の液晶のいずれを用いてもよいことは言うまでもない。

【0440】(図41)は走査電極393を有する本発明の表示装置の制御部等の構成図である。走査基板392には複数走査電極393が形成されている。各走査電極393には走査ドライバ411が接続されている。走査ドライバ411、ソースドライバ102および、ゲートドライバ101は走査基板392、アレイ基板221、もしくは対向基板222上に配置されている。また、各ドライバの出力端子はCOG(チップオンガラス)技術で各基板等上に接続されている。端子はAuでバンプ(突起)が形成され、フェノール樹脂に金属粉末が添加された導電樹脂で接着されている。

【0441】走査ドライバ411は、ソースドライバ102およびゲートドライバ101と同期をとりながら走査電極393に信号を印加する。通常、この信号は、液晶層を光透過状態にする電圧(オン電圧)と光不透過状態にする電圧(オフ電圧)の2値である。しかし、場合によっては、多階調にも駆動できる。駆動は一本もしくは複数の走査電極393にオン電圧を印加し、光透過状態にし、この光透過状態位置を順次移動させる。他の走査電極393にはオフ電圧を印加する。

【0442】オン電圧の印加は、一般に複数本を組みとして同時に印加し、隣接した走査電極393にオン電圧を印加し、端の走査電極393をオン電圧からオフ電圧を印加する手法で行う。しかし、この手法に限定するものではなく、隣接した走査電極の複数本にオン電圧を印加しながら行ってもよい。また、順次走査に限定するものではなく、飛び飛びの走査電極にオン電圧を印加してもよく、映像表示状態と同期して、ランダムにオン電圧

位置を変化させてもよく、また、画面上端→下端、画面下端→上端というふうに走査方向を交互に変化させてもよい。また、走査同期は一定とは限定するものではなく、1つの走査電極から次の走査電極にうつる時間を限らずしも一定にすることに限定するものではない。これらは表示パネル21の映像表示状態と同期させ、かつ良好な表示状態にすることを目的とするからである。

【0443】以上の実施例は画面の左右方向に形成されたストライプ状電極(走査電極)393にオン電圧を印加することにより、表示状態の改善を行うものであった。走査電極393を用いるため、画素行方向に行うものであった。(図43)はマトリックス状に画質改善を行うものである。

【0444】(図43)はその説明図である。反射板(くぎり壁)15によって表示画面(バックライト)はマトリックス状に分割されている。マトリックス状に分割された個々の領域107は、それぞれ独立に光の透過(出射)、消滅(非表示)処理を行うことができる。なお、反射板15はかならずしも必要なものではない。

【0445】各表示領域107には(図44)に示すように、矩形の走査電極393が形成(配置)されている。なお、この矩形の走査電極393は機能としては(図39)で説明したのと同様であるが、説明の混合を防ぐために、(図44)の場合は矩形電極393と呼ぶ。矩形電極393にそれぞれ選択端子441が接続されており、選択端子441は(図41)の走査ドライバ411の出力端子と接続されている。ただし、(図44)のように矩形電極393がマトリックス状である場合は、選択端子441の本数が多くなるので、走査ドライバ411と選択端子441間にエンコーダドライバを仲介させるとよい。

【0446】(図44)の場合は、マトリックス状にバックライト16から表示パネル21に入射する光を制御することができるので、より良好な画像表示が可能となる。また、光制御を行っているくぎりめがだちにくくなる。

【0447】(図1)、(図39)、(図44)など、画面の一部のみを観察者に見えるようにする構成は、画像の改善のみに寄与するのではない。たとえば、携帯電話、画像空間伝送システム等、画像データがパケット方式などにより順次送られてシステム/機器にも有効である。つまり、画像が送られてきた部分のみを表示し、他の部分は黒表示にするなど制御が容易となるからである。また、セキュリティ(機密保持)の関係から表示画面の特定箇所を非表示とする方式も考えられる。表示画像を黒を表示する場合は、消費電力の低減とはならないか、該当箇所のバックライトを消灯するのであれば、消費電力を減らせるからである。

【0448】なお、(図44)は矩形電極393としたが、これはマトリックス状に配置(構成)された導光板

14に置きかえてもよい。各導光板14の下にLED11等を配置すれば独立に導光板からの出射光を制御できるからである。

【0449】(図44)はマトリックス状に構成した方式であった。また、(図1)(図39)(図40)は(図45(a))に示すようにストライプ状に構成した方式であった。(図45(a))に示す場合でも、(図44)に示す場合でも導光板の幅、あるいはストライプ状電極の幅は同一であった。

【0450】(図45(b))、(図46)の構成は一部を変化させたものである。(図45(b))はストライプ状の走査電極393もしくは導光板14を中央部で細く(密集)したものである。つまり、(図45(b))においてAの部分は荒く、Bの部分は細く形成している。このように中央部で細く形成するのは、表示パネル21を見る観察者は表示パネルの中央部で敏感で識別能力が高く、周辺部で識別能力が低いことになる。

(図45(b))に示すように中央部で細くすることにより表示画像への制御を十分に行うことができる。(図46)は矩形の導光板14もしくは矩形電極393において、表示領域107の中央部にあるもので、その面積を小さく(細かく)したものである。

【0451】なお、(図45(b)) (図46)において走査電極393、導光板14のサイズは2種類のように図示したが、これに限定するものではなく、3種類以上でもよく、また、大きさ等が順次に変化した構成(たとえば、走査電極幅Hが、 $4/4H \rightarrow 3/4H \rightarrow 2/4H \rightarrow 1/4H \rightarrow 2/4H \rightarrow 3/4H \rightarrow 4/4H \rightarrow 3/4H$ と変化するような配置)でもよいことはいうまでもない。

【0452】なお、以上の実施例では矩形電極393などの大きさを画面の中央部と周辺部などで変化させるとしたが、画像表示装置では、画素サイズを画面の中央部と周辺部で変化させることは意義がある。画面の中央部の画素サイズを小さくし高精細とする。

【0453】(図1)(図39)等において各導光板14、表示パネル21bから出射される光は、2値(出射状態、非出射状態)として説明したが、2値であっても表示パネル21に入射させる光に分布を持たせることができる。この方法について(図47)を用いて説明をする。(図47)において、(図47(a))を第1フレーム、(図47(b))を第1のフレームの次の第2フレーム、(図47(c))を第2のフレームの次の第3フレーム、(図47(d))を第3のフレームの次の第4フレームとする。なお、説明を容易にするため、導光板14または電極393は $1/4$ 分割とする。

【0454】第1フレームでは導光板14に配置された発光素子11または、電極393を操作して導光板16からは下側の $1/4$ の部分82から光が出射されるようにする。第2のフレームでは、半分から下側の $2/4$ の

部分82から光が出射されるようにする。第3のフレームでは、 $3/4$ の部分82から光が出射されるようにする。第4フレームでは、すべての部分が光出射領域(表示領域)82となるようにする。

【0455】このように動作させれば4フレームでの合成状態は(図47(e))となる。つまり、表示領域107dが最も明るく、表示領域107aを最も暗くすることができる。

【0456】以上のことはバックライト16から出射させる光量を表示画面の各部で変化させることができることを意味する。(図47)ではバックライト16から出射される光量は出射状態と非出射状態の2値であり、数フレーム間で階調表示を行うものであった。もちろん、各導光板等が単独で明るさ調整ができるのであれば1フレームで表示領域の各部において、明るさ分布を形成できる。各導光板で単独で明るさ調整する方法とは、たとえば、各導光板片に複数の白色LEDを取りつけ、このLEDの点灯個数を増減させる方法、白色への電流を増減させる方法、蛍光管への投入電力を増減する方法、走査電極393への印加電圧を増減する方法が例示される。

【0457】本発明では、数フレームにわたりバックライト16から出射される光束量を増減でき、もしくは、1フレームでバックライト16から出射される光束量を増減できる(領域調光方式)。

【0458】表示パネル21に表示画像に、明暗をつけた方が表示画像に奥ゆき感がでる。夜空の場合では極力画面を暗くすることが好ましい。この際は本発明バックライト16の全領域に均一に出射される光束量を低下させる。低下の方法としてはオン電圧を印加する走査電極数を減少させること、導光板14の発光素子11への投入電力を少なくする方法などがある。海岸の太陽下の場合では、極力画面を明るくすることが好ましい。この場合は、走査電極393に印加する電圧を高くすること、あるいはオン電圧を印加する走査電極数を多くすること、もしくは導光板に取り付けられた発光素子11、114への投入電力量を低下させることにより容易に実現できる。

【0459】一方、表示画像に明るい部分と暗い部分とが混在する場合もある。この際は明るい表示画像部下の導光板片を明るく、もしくは、矩形電極393に電圧を印加し、表示パネル21により多くの光が入射されるようにする。暗い表示の画像部下は、その導光板片からの光出射量を少なく、もしくは矩形電極393に印加する電圧を低くし、表示パネル21に入射する光を少なくする。

【0460】たとえば(図45(b))において、aの部分の画像が暗く、b、c、dの部分が明るく、他の部分が中間程度の明るさならば、走査電極393aへの印加電圧を高くし、(偏光板413a、413bの偏光軸

がクロスニコルの場合でNWモードの時)、走査電極393g, 393j, 393lへの印加電圧を低くし、他の走査電極への印加電圧を中間レベルとすればよい。なお、(図45)が導光板方式の場合は、導光板14aに取り付けられた発光素子への印加電力を低くし、導光板14g, 14j, 14lに取り付けられた発光素子への印加電圧を高くし、他の導光板に取り付けられた発光素子への印加電圧を中間レベルとすればよい。

【0461】(図46)の場合も同様であって、aの部分の画像が暗く、b, c, dの部分が明るく、他の部分が中間程度の明るさならば、矩形電極393aへの印加電圧を高くし、矩形電極393b, 393c, 393dへの印加電圧を低くし、他の矩形電極への印加電圧を中間レベルとすればよい。なお、(図45)(図46)等において、走査電極(矩形電極)393あるいは発光素子11, 141の明るさを、それぞれの個別の領域に対応して明るさ等を調整するとしたが、これに限定するものではなく、画面107全体を映像信号の内容(クラシック、パソコン静止画、映画、ポップe t c)またはデータ(ガンマ特性、明暗データ、明暗データの変化状態、明暗データの分布状態e t c)に応じて、明るさ、コントラスト等を調整、制御してもよい。

【0462】また、矩形電極393のサイズは2種類等に限定するものではなく、多種多様のサイズでもよい。たとえば、サイズの大きさが3種類以上であってもよいし、ピクチャ・イン・ピクチャの子画面がより小さなサイズのものが密集して配置されていてもよい。また、導光板14、電極393等の形状は、四角形あるいはストライプ状に限定されるものではなく、六角形、三角形の多角形あるいは、円形その他星形などでもよい。また、導光板14、電極393は密集して並べる必要はなく、分散して配置しても、また表示領域107の一部だけに配置もしくは形成されたものでもよい。また、導光板14等の各部分が出射する光は必ずしも、映像信号のデータまたは内容を反映させなくてもよい。なお、映像信号のデータまたは内容により、ユーザがリモコン等を用いて任意に設定できるようにしてもよい。

【0463】(図48)は(図45)(図46)等の構成のパネルもしくはバックライトを用いた方式の表示装置の説明図である。なお、(図48)において411は走査ドライバとしているが、これに限定するものではなく発光素子11(141)の制御部としてもよい。つまり走査ドライバ411は、表示パネル21に入射する光を制御するものであれば、目的を達し得るからである。また走査電極393は導光板14と置き換えてもよいことは言うまでもない。なお、説明を容易にするために(図48)では走査電極393と、走査ドライバ411であるとする。

【0464】本発明の表示装置は2つのフレームメモリ485a, 485bを具備する。切り換え部484aが

メモリ485aにデータを格納している時は、切り換え部484bはメモリ485bからデータを読み出している。逆に切り換え部484aがメモリ485bにデータを格納している時は、切り換え部484bはメモリ485aからデータを読みだしている。以上のようにメモリ485aとメモリ485bとは交互に読み出しと書き込みが行われる。

【0465】演算部483は(図76)に示すように、入力された映像データから“平均輝度”，“最大輝度”，“最小輝度”，“輝度分布”，“明領域個数”，“暗領域個数”のうちすべてをまたは任意の抽出データを作成し、この抽出データをデータ格納部482に格納する。抽出データより走査ドライバ411は制御される。

【0466】走査ドライバ411はストライプ状の走査電極あるいは矩形電極393が接続されている。走査ドライバ411には電極393(導光板14方式の場合は、導光板14に接続された発光素子14(141))を制御する。演算部483はこの走査ドライバ411に適したデータを作成するのである。

【0467】一方、切り換え部484bからの映像データは、映像信号制御部481に送られる。映像信号制御部481は映像信号に対し、立ち上がり電圧、振幅増幅制御を行い、また、1Hもしくは1D反転処理を行い、液晶層226の電気-光変換特性に良好に適應するようにデータ操作を行う。これらのデータ操作を終了したデータはソースドライバ102に印加される。

【0468】ソースドライバ102はレベルシフトなどの処理が行われた後、D/A変換されてソース信号線に印加される。なお、駆動方式については(図29)から(図34)等に説明したので省略する。しかし、駆動方式は(図29)から(図34)等の方式に限定するものではない。1画素行ごとに画素電極230に印加する映像信号の極性を反転させる1H反転駆動、1画素列ごとに画素電極230に印加する映像信号の極性を反転させる1V反転駆動、1画素行かつ、1画素列ごとに画素電極230に印加される映像信号の極性を反転させる1D反転駆動のいずれでもよいことは言うまでもない。

【0469】(図48)において明らかなように、本発明の表示装置では、映像信号の画像に応じてバックライト16から出力される光量を制御している。さらにバックライト16から出力される光量はストライプ状もしくは、矩形状の細分された領域ごとに明細/コントラスト等を調整するのである。もちろん、バックライト16から出力される光量をバックライト全領域にわたり1つのものとして制御をしてもよいことは言うまでもない。

【0470】当然のことながら液晶表示パネル21に印加する映像信号も、黒伸張、白伸張を行ってもよいし、ガンマカーブを映像信号の内容によって変化させてもよいことは言うまでもない。

【0471】また、走査ドライバの制御は、表示画像が静止画か動画かを検出して、自動的に制御してもよいことは言うまでもない。

【0472】また、全フレームにわたり制御する必要はなく、任意に抽出した映像データに基づいて制御してもよい。また、過去の映像データを複フレームにわたり反映しながら制御を行ってもよい。

【0473】以上のように本発明の表示装置では、映像データにもとづき、バックライトを、マトリクス状にバックライトから出射される光を制御する。そのため、1つの画像で暗領域と明領域が混在しても個々の部分ごとに明るさ調整等を行うことができるので、メリハリのある映像表示を実現できる。

【0474】(図49)は、2フレーム以上の期間で、導光板14もしくは走査電極393を操作し、マトリクス状に表示画像107に明暗を形成する方法である。

(図47)ではストライプ状であったが、(図49)はマトリクス状である。

【0475】(図49)では、斜線(縦線)などの重なりを多く図示した箇所が暗いことを示している。したがって、表示107aが最も暗く次に107b→107cとなり、107dが最も明るい。つまり、数フレームの期間のうち、表示領域107aは3フレーム期間、107bは2フレーム期間、107cは1フレーム期間の間、暗表示されたと考えれば理解しやすいであろう。もちろん、導光板14に取り付けられた発光素子11の個数あるいは、矩形電極上の液晶層226bに印加する電圧を強弱させて、1フレームで中間調透過率を実現できる場合は、微妙な透過率制御を実現できることは言うまでもない。また、(図49)(図47)では数フレームで明暗等を表現するとしたが、これに限定するものではなく、1フレーム期間を複数の期間に分割し、分割された期間内で発光素子11等を点滅等させることによっても実現できることは言うまでもない。

【0476】(図39)等において走査電極393は、画面107上から下へ順次走査するように表現したが、これに限定するものではなく、(図50)のように構成してもよい。なお、(図50)において、393は走査電極としているが、これに限定するものではなく、たとえば導光板14に置きかえてもよい。このことは(図48)と同様であり、目的も同一だからである。つまり、以後の実施例においても説明を容易にするため走査(矩形)電極393方式を例示して説明するが、これに限定するものではなく導光板方式であってもよい。

【0477】(図50)では2つの走査ドライバ411a、411bを具備し、走査ドライバ411aは偶数番目に配置された走査電極393aに接続され、走査ドライバ411bに奇数番目に配置された走査電極393bに接続されている。つまり、走査電極393は上から順次、交互に異なる走査電極393と接続されている。

【0478】(図50)のバックライトは、NTSC等のインタレース表示の表示パネル21と組み合わせて用いることが好ましい。(図51(a))に示すように、奇数フレームでは、走査電極393の奇数番目(393a)から順次走査して光出射状態にする(もしくは、液晶等の応答性を考慮する場合は、その逆とする)。偶数フレームでは(図51(b))のように、走査電極393の偶数番目(393b)から順次走査して光出射状態にする(もしくは、液晶等の応答性を考慮する場合は、その逆とする)。以上のように(図51(a))と(図51(b))を組み合わせることにより(図51(c))のように全画面が選択され、1つの表示画面が表示される。

【0479】なお、(図51)において、オン電圧が印加される走査電極393は一本ずつに限定するものではなく、複数本でもよい。また走査順序も画面の上から下に限定するものではなく、上から下→下から上→上から下へと走査を行ってもよい。また、場合によってはランダム走査でもよい。以上のことは(図49)の構成についても適用できることは言うまでもない。また、表示パネル21の表示画像が静止画であるか動画であるかを検出して、制御方式を切り換えてもよい。このことは(図10)の説明と同様であるので説明を省略する。

【0480】以上の構成により、表示パネル21上に帯状の黒表示を表示させ、または、一定の期間の間、表示画像を観察者に見えなくすることにより、動画表示特性を改善するものであった。これを実現するために、走査(矩形)電極393を用いたり、導光板14を制御した。しかし、この方法によらずとも、表示パネル21への映像信号を制御することにより、画像表示と黒表示の交互切替表示を実現することができる。つまり、バックライトは常時点灯させたまま(もちろん、(図39)～(図51))の方式と組み合わせることは自由である)、表示画像に黒表示させることにより、画像と画像間に見かけ上黒表示を挿入して動画表示を改善するものである。

【0481】なお、本明細書の説明において、細分された導光板114もしくは走査電極を操作して、黒表示を行うとして説明したが、これは説明を容易にするためである。他の方法として、自己発光デバイス、たとえばEL素子、蛍光発光素子等をマトリクス状もしくはストライプ状に並べ、これらを制御して黒表示を行ってもよいことは言うまでもない。

【0482】しかし、画像表示と画像表示との間に黒表示をおこなおうとすると、映像信号の表示レートを倍速変換など、高速に行う必要がある。映像信号の表示レートをあげると、信号処理回路の周波数が高くなり、回路コストが高くなる。この課題に対するため、(図52)に示す本発明の表示パネルでは、表示パネル21の表示領域107を4つの領域(107a、107b、107c、107d)に分割し、各領域に異なる走査電極393を配置し、各領域を交互に走査して黒表示を行うことにより、動画表示を改善するものである。

c, 107d) に分割し、それぞれの領域を駆動するソースドライバ(102a, 102b, 102c, 102d)を形成もしくは配置している。

【0483】(図52)において、表示領域107aはソースドライバ102aにより駆動される。また、表示領域107aのTFT241aはソースドライバ102aのソース信号線228aに接続されており、また、ゲートドライバ101aに接続されている。表示領域107bはソースドライバ102bにより駆動される。また、表示領域107bのTFT, 241bのTFT241bはソースドライバ102bのソース信号線228bに接続されている。また、ゲートドライバ101bに接続されている。同様に表示領域107cのTFT241cはソースドライバ102cのソース信号線228cとゲートドライバ101cに、表示領域107dのTFT241dはソースドライバ102dのソース信号線228cとゲートドライバ101dに接続されている。

【0484】このように構成することにより、表示領域107a~107bは個別に駆動できる。つまり時間軸伸張をおこなわなくてもよい。たとえば、1フレームの最初の1/4の時間にソースドライバ102aと101aを用いて、表示領域107aに映像を表示し、次の1/4の時間にソースドライバ102bとゲートドライバ101bを用いて表示領域107cに映像を表示し、最後の1/4の時間にソースドライバ102dとゲートドライバ101dを用いて表示領域107dに映像を表示する。

【0485】映像を表示していない部分は、黒表示81を表示する。このように表示を行えば時間軸伸長を行わずに、1フレームの1/4の時間に映像を表示し、他の3/4の時間に黒表示を実現でき、また、映像表示位置を順次、移動させることができる。

【0486】なお、(図52)では表示領域107は4分割としたがこれに限定するものではなく、2分割でも、3分割でも4分割以上でもよい。たとえば2分割の場合は、一方を黒表示、他方を映像表示とし、交互に表示状態を切り換えればよい。

【0487】(図52)では4つのうち1つの領域を映像表示とし、他の領域を黒表示(映像でない表示)としたが、これに限定するものではなく、2つあるいは3つの領域を映像表示とし、他の領域を黒表示としてもよい。また、(図53)に示すように映像表示領域と黒表示領域とを交互に表示して、かつ、映像表示領域を順次移動させてもよい。

【0488】(図53(a))は黒表示81a, 81bと映像表示82a, 82bとしている。この表示時間は1/2フレーム時間である。(図53(b))は(図53(a))の次の状態で、黒表示81a, 81bの位置をずらせ、また、映像表示82a, 82bの位置をずらせている。この(図53(a)(b))で1フレームの

画像を表示する。

【0489】(図53(c))は次のフレームの状態を示す。また(図53(d))は(図53(c))の次の状態を示す。つまり、(図53(a)(b))で第1フレームの画像を表示し、(図53(c)(d))で第2フレームの画像を表示する。また、画像は画面全体の1/2に表示するとともに、間隔をあけて表示(たとえば、(図35(c2)), 107a, 107c)する。

【0490】なお、(図53)において81の箇所は該当バックライトが非点灯状態と考えてもよく、また走査電極393の非選択状態と考えてもよい。したがって、

(図53(a<sub>2</sub>)……(d<sub>2</sub>))において、画面107は全表示状態(黒表示状態がない)であってもよい。また、(図53)では表示領域(たとえば、107a)は順次、下方向に走査するとしているが、これに限定するものではなく、たとえば表示領域107a, 107cと表示領域107b, 107dの各部分を一齐に表示切り換えするとしてもよい。

【0491】以上の実施例では画像を表示している領域は一定面積としてきた。しかし、これに限定するものではなく、画像の表示状態にあわせて変化してもよい。

(図10)等で説明したように黒表示部81が多いほど画面は暗くなるが、動画ボケは少なくなる。逆に黒表示部81が少ないほど画面は明るくなるが、動画ボケが発生しやすくなる。

【0492】この動画ボケと画面の明るさは、画像データの内容あるいは表示パネル21の周辺照度などに適用して自動的に変化させるか、もしくはユーザがリモコンなどを用いて自由に設定、調整できるようにしておくことが望ましい。たとえば、(図54(a))は映像表示領域(以下領域)82が一番狭く、(図54(b))が次に、(図54(c))の状態が最も広くしている。なお、(図54(d))は全点灯状態である。全非点灯状態から全点灯状態までの間をユーザ等が自由に設定できるようにしておくことにより、画質改善を良好に行うことができる。なお、(図54)においても点灯領域82とは表示パネル21の映像表示領域とも考えることができるし、点灯しているバックライト16部とも考えることができる。

【0493】(図54)は、点灯領域82は1つの帯状であったが、(図55)に示すように複数の帯状82a, 82bでもよく、また3本以上に分割されていてもよい。また、(図46)のようにマトリクス状に分割されて表示されてもよい。したがって、点灯領域82は帯状に限定されるものではなく、ドット状等でもよい。

【0494】なお、(図55)において表示領域107bは第1フレームの画像を、表示領域107aは第2フレームの画像を、表示領域107cは第3フレームの画像を表示しているとしてもよい。したがって、点灯部82bが現在の第1のフレームを表示状態としているとす



れば、点灯部 8 2 a は第 1 のフレームの次の第 2 のフレームを表示状態として考えてもよい。

【0 4 9 5】バックライト 1 6 の点滅は、バックライト 1 6 等を複数の領域に分割し、各々を制御する他に、

(図 5 6) に示すようにバックライト全体を点滅させてもよい。(図 5 6 (b) (d)) が消灯状態、(図 5 6 (a) (c)) が点灯状態である。

【0 4 9 6】今、点灯状態の時間を  $t_1$ 、消灯状態を  $t_2$  とすれば、 $0.25 \leq t_1/t_2 \leq 1.5$  の関係を満足することが望ましい。さらには、 $0.4 \leq t_1/t_2 \leq 1.0$  の関係を満足させることが望ましい。

【0 4 9 7】(図 5 6) は全画面 1 0 7 を一括して点灯、消灯するものである。全画面 1 0 7 を点灯、消灯させるものはバックライト 1 6 を点滅させる他、走査電極 3 9 3 を制御しても行うことができる。その他、液晶表示パネル 2 1 の対向電極 2 2 5 に電圧を印加することによっても行うことができる。

【0 4 9 8】液晶表示パネル 2 1 は液晶層 2 2 6 の全領域にわたり対向電極 2 2 5 が形成されている。液晶表示パネル 2 1 が NW (ノーマリホワイト) モードのとき、対向電極 2 2 5 に大きな電圧 (飽和電圧) を印加すると黒表示となる。NB (ノーマリブラック) モードではこの逆である。本明細書では説明を容易にするには液晶層は NW モードとし、液晶 2 2 6 に所定電圧以上の電圧を印加すれば映像が表示されないものとする。

【0 4 9 9】なお、映像が表示されないとは一般的に黒表示を意味するが、これは観察者に表示画像が見えなくもしくは見えにくくするものであり、完全に黒表示のみを意味するものではないことは以前にも述べた。つまり、多少の表示が見えていても黒表示であり、仮に白表示で映像が見えにくいのであれば、これも概念的には黒表示である。したがって、灰色表示等も黒表示の概念に当然のことながら含まれる。通常表示状態よりも画面輝度を低下させた状態と考えればよい。輝度低下は通常よりも  $1/2$  以下とすることが好ましい。

【0 5 0 0】(図 5 7) はパルス発生回路 5 7 1 を具備する。パルス発生回路は正弦波、矩形波などを出力する。また出力する信号振幅を  $\pm 7$  (V) の範囲で、可変できるように構成されている。つまり、パルス発生回路とは対向電極 2 2 5 に信号を印加し、液晶分子を配向させ、黒表示状態とするものである。

【0 5 0 1】パルス発生回路 5 7 1 の出力は切り換え回路 4 8 4 の端子 a に接続されている。切り換え回路 4 8 4 の端子 b は固定電位とされている。切り換え回路 4 8 4 はアナログスイッチ、メカニカルリレー、CMOS リレー、ホトカプラによる絶縁型リレー/スイッチもしくはプッシュスイッチ、スナップスイッチなどの手動スイッチ等が該当する。また、切り換え回路 4 8 4 の端子 a と端子 b のスイッチングはユーザのリモコン操作により、また外光の照度によりもしくは表示パネル 2 1 への

映像信号のデータにより自動的にもしくは手動で切り換えが行われる。

【0 5 0 2】切り換え回路 4 8 4 の b 端子は通常時 (映像表示時) に対向電極 2 2 5 に印加される電圧が印加されている。通常印加電圧はコモン電圧である。ただし、対向反転駆動時は、フィールド (フレーム) 毎に反転する信号が印加される。また、端子 b に印加される電圧はフリッカを低減させるために、 $\pm 0.8$  (V) の範囲で電圧を調整できるように構成しておくことが好ましい。

【0 5 0 3】また、液晶表示パネル 2 1 が OCB モードの場合は、表示開始時に比較的高い電圧パルス (正弦波でもよい) を  $0.1 \sim 1$  秒間程度の期間印加する必要がある。これに対応するため、パルスの振幅値を自動的に変化できるように構成しておくことが望ましい。

【0 5 0 4】切り換え回路 4 8 4 の端子 c は液晶表示パネル 2 1 の対向電極 2 2 5 と接続されている。したがって切り換え回路 4 8 4 の端子 c からは端子 b または端子 a と接続される。したがって、表示画面 1 0 7 を黒表示にするには端子 a からの入力を端子 c に出力し、画像を表示する時は、端子 b からの入力を端子 c に出力する。対向電極 2 2 5 に端子 a と端子 b の電圧を交互に印加することにより動画ボケを改善することができる。また、表示画像が静止画の場合は、端子 b の電圧を端子 c に印加したままとすればよい。これらの制御は制御回路 1 0 3 で行う。制御回路 1 0 3 等は以前に説明しているので説明を省略する。

【0 5 0 5】(図 5 8) は、(図 5 7) に示す駆動回路の動作を説明するための説明図である。(図 5 8

(a)) は対向電極 2 2 5 に  $V_c$  (コモン電圧) が印加された状態である。ここでは説明を容易にするために  $V_c$  は 0 (V) (GND) として説明をする。(図 5 8

(a)) は表示パネル 2 1 に映像が表示されている状態である。画素電極 2 3 0 には一画素列ごとに異なる極性の電圧 ( $+V_1, -V_2, +V_3, -V_4, \dots$ ) が印加されて自然画が表示される。

【0 5 0 6】(図 5 8 (b)) はパルス発生回路 5 7 1 から対向電極 2 2 5 に  $+V_r$  電圧が印加されているところを示しており、(図 5 8 (c)) はパルス発生回路 5 7 1 から対向電極 2 2 5 に  $-V_r$  電圧が印加されているところを示している。 $V_r$  電圧は通常画像を表示する際に用いる信号の振幅を最大値の  $80\% \sim 150\%$  の振幅値である (絶対値)。 $+V_r$  電圧を印加している時間  $t_1$  と  $-V_r$  電圧を印加している時間  $t_2$  の平均値  $t = (t_1 + t_2)$  は、1 水平走査期間と一致もしくはその整数倍にする。しかし、最も好ましくは 1 水平走査期間とすることが好ましく、 $t_1 = t_2$  とすることが好ましい。

【0 5 0 7】(図 5 8 (b) (c)) のように  $\pm V_r$  の電圧を対向電極 2 2 5 に印加すると液晶 2 2 5 には相対的に高い電圧が印加され、液晶分子が配向動作して黒表示となる。したがって、画像表示と黒表示とを交互に実

施することができる。

【0508】これらの表示方法は動画ボケの改善だけでなく、画素輝度調整にも、コントラスト調整しても活用できることは言うまでもない。また、(図58)等では対向電極225がベタ電極としたが、たとえば、R、G、Bの画素230に対応して対向電極225が分割されて形成されている場合は、各対向電極(225R、225G、225B)ごとに、 $V_r$ 電圧を印加して独立に黒表示を実現してもよいことは言うまでもない。

【0509】なお、本発明の駆動方法／表示方法等はフィールドシーケンシャル表示の表示パネルにも適用できることは言うまでもない。

【0510】(図59)は、(図57)(図58)の駆動方法をさらに詳しく説明するために等価回路図で図示したものである。パルス発生回路571からの出力は表示パネル21の対向電極225に印加される。したがってコンデンサである液晶層226には交流電圧が印加され、黒表示となる。なお、液晶層22がNB(ノーマリブラック)モードの場合は、駆動電圧の振幅値はこの逆にする必要がある。

【0511】以上の実施例は、対向電極225に電圧等を印加して、画像表示と黒表示の交互切替表示を実現するものであった(図60)参照。(図60)において(図60(a))は画面全体が画像表示状態、(図60(b))は画面上部から黒表示107bを開始し、順次この黒表示部107bを画面下方向に移動させる(図60(c)(d))。一方、画面の上部から次のフレームの画像107aを表示する(図60(c))。

【0512】このような表示方法／駆動方法は(図58)に示すように対向電極225に電圧を印加する方式でも、(図40)に示すような走査電極393方式でも実現することができる。また、(図40)でも述べたように(図61)に示すように複数の画素行あるいは、複数の画素列に対し、1つの走査／矩形電極393を配置してもよいことは言うまでもない。また、走査ドライバ411は(図50)に示すように複数個設ける必要はなく、(図62)に示すように1個でもよい。また、(図57)では切り換え回路484により $V_c$ 電圧または $\pm V_r$ 電圧を対向電極225に印加するとした。しかし、(図62)のように対向電極225が走査電極(矩形電圧)393の場合は、走査ドライバ411に $V_c$ 、 $\pm V_r$ 電圧の印加端子を設けておき、これらの複数の電圧のうち1つを選択して印加できるように構成しておけばよい。たとえば、黒表示を行う場合は $+V_r$ もしくは $-V_r$ 電圧を入力し、走査電極393(＝対向電極)を入力し、画像表示の場合は、 $V_c$ 電圧を走査電極393(＝対向電極)に印加する。このように駆動することにより黒表示と画像表示とを交互に行うことができる。

【0513】なお、(図62)において、走査電極393のすべてに一括して $+V_r$ 電圧または $-V_r$ 電圧を印

加する必要はなく、 $+V_r$ 電圧と $-V_r$ 電圧とを交互に印加してもよい。たとえば $+V_r$ 電圧を393a、393c…に印加し、 $-V_r$ 電圧を393b…に印加する方法である。各走査電極393に印加する極性はフレーム(フィールド)毎に反転させる(図63)参照)。このように、走査電極393に反転した電圧を印加することにより画素電極230に印加した電圧との絶対値が大きくとれる。また、フリッカが目立ちにくく、画質も向上する。(図57)(図63)においては、(図10)と同様に走査ドライバ411、ゲートドライバ101、ソースドライバ102とは同期をとって表示パネル21に画像を表示することは言うまでもない。

【0514】走査ドライバ411もしくは、パルス発生回路571は、(図64)に示すようにCOG技術により突起電極からなる電極端子644と導電ペースト642aでアレイ基板221上に配置することが好ましい。走査ドライバ411等からの出力信号(出力電圧)は、アレイ基板221上に形成された配線パターン643により伝達される。対向電極225もしくは走査電極393と配線パターン643とは導電ペースト642bにより電気的に接続されている。なお、導電ペースト642bは封止樹脂641の外側に形成される。

【0515】以上のように走査ドライバ411等をアレイ基板221上に積載することにより、走査ドライバ411等はソースドライバ102、ゲートドライバ101と同時に積載することにより、表示パネル21の製造が容易になる。

【0516】(図65)は走査電極393と画素行との配線状態を示したものである。ただし、走査電極393は、複数の画素行に対し一つの走査電極393を配置してもよく、また逆に、一画素行に複数の走査電極393を配置してもよいことは言うまでもない。

【0517】なお、走査電極393は対向基板222側に形成もしくは配置することを前提として説明してきたが、これに限定するものではなく、走査電極393はアレイ基板221側に形成してもよい。たとえば、(図65)において、走査電極393上に絶縁膜を形成し、その上に画素電極230を形成した構成が例示される。等価回路では(図66)のようになる。なお、ストライプ状の走査電極393に限定するものではなく、(図46)等に示すような矩形電極でもよい。

【0518】走査ドライバ411aから出力される電圧(信号)は走査電極393に伝送され、この電圧(信号)は誘電体膜246を介して画素電極230に伝達される(P点)。したがって、(図66)の構成においても、P点の電位を操作できるから、液晶層226に印加できる電圧量を制御でき、黒表示等を行うことができる。

【0519】以上の実施例は走査電極393もしくは、対向電極225等に電圧もしくは信号を印加することに



より、黒表示を行うものであった。黒表示を行う際、ソース信号線228に印加される信号によらず黒表示を行う。しかし、ソース信号線228に黒表示データ（信号）を伝達し、この黒表示データ（信号）を画素電極230に書き込むことにより黒表示を行えば操作も容易である。（図68）は、ソースドライバ682と制御ドライバ684とが同期を取り、画素電極230に黒表示電圧を保持させるものである。

【0520】制御ドライバ684は、 $V_H$ 電圧を $V_L$ 電圧を出力する。 $V_H$ 電圧はTFT241をオンさせるオン電圧である。 $V_L$ 電圧はTFT241をオフさせるオフ電圧である。制御ドライバ684は制御信号線685を具備し、この制御信号線685に $V_H$ もしくは $V_L$ 電圧が印加される。（図68）では1本の制御信号線685は3画素行を分担しているように図示しているが、これに限定するものではなく、1画素行に1本の制御信号線でもよく、また、多画素行に1本の制御信号線でもよい。（図68）の画素230のTFT241とソース信号線228または、ゲート信号線261との接続状態はより詳しくは（図67）のように示される。

【0521】ゲート信号線261にオン電圧が印加されるとTFT241bがオンし、その時にソース信号線228に印加されている電圧を画素電極230に印加する。また、制御信号線685にオン電圧が印加されるとTFT241aがオンし、その時にソース信号線228に印加されている電圧を画素電極230に印加する。したがって、1つの画素電極230はゲートドライバ101と制御ドライバ684により印加される信号が制御される。そのため、画素電極230にはTFT241aとTFT241bを別個に制御することができる。

【0522】（図68）において、ソースドライバ102は、主要な構成要素としてシフトレジスタ682およびOR回路681、アナログスイッチ683などを具備する。電源電圧は3（V）もしくは3.3（V）の単一電源であり、内部にチャージポンプ回路を具備し、必要な電圧を作っている。

【0523】シフトレジスタ682はデータ（DATA）端子とクロック（CLK）端子を具備し、データ端子のデータをシフトする。そしてデータのある位置のアナログスイッチ683が閉じるように操作される。GONB端子をHレベルにするとOR回路の出力はすべてHレベルとなり、すべてのアナログスイッチ（ASW）はオンする。したがって、GONB端子を操作することにより、すべてのソース信号線228にSIG端子に印加された映像信号を印加することができる。このGONB端子はプリチャージ用として用いる。SIG端子は映像信号を印加する端子である。

【0524】（図68）ではアナログスイッチ683bが閉じているから、映像信号はソース信号線228bに印加されていることになる。各ソース信号線228には

見かけ上、コンデンサが形成されている。このコンデンサは主としてゲート信号線261とソース信号線228の交差部によって形成される。アナログスイッチ683はシフトレジスタ682の出力により順次1個ずつ閉じていき、それにあわせて映像信号が各ソース信号線228に印加される（サンプルホールドされる）。

【0525】アナログスイッチ283は低温ポリシリコン技術で形成されており、Pチャンネルの $W/L$ 比 $L_P$ とNチャンネルの $W/L$ 比 $L_N$ との関係は、 $0.8 \leq L_P/L_N \leq 2.5$ の関係を満足するように形成されており、より好ましくは $1.2 \leq L_P/L_N \leq 2.0$ の関係を満足させることが好ましい。なお、ソース信号線の抵抗値は50オーム以上250オーム以下とすることが好ましい。

【0526】一水平走査期間（1画素行の選択期間）には1本のゲート信号線261にオン電圧が印加され、次の一水平走査期間では次のゲート信号線261にオン電圧が印加されて、前のゲート信号線261にはオフ電圧が印加される。ゲート信号線にオン電圧が印加されると、このゲート信号線に接続されたTFT241aがオンし、その時にソース信号線228に印加されている（サンプルホールドされている）電圧を画素電極230に書き込む。

【0527】（図69）は、SIG端子に入力する映像信号の波形である。説明を容易にするため、（図69）では1フィールド（フレーム）で1回反転する1F反転の場合を示している。なお、（図69）の波形でNWモードであれば、画面の上部が黒の横ストライプで、画面の一番下が白の横ストライプとなる6ステップの画像が表示されるはずである。

【0528】（図69（a））の駆動方法では、 $t_1$ の時間に表示パネル21の表示画面107には黒が書き込まれる（黒表示となる）。 $t_2$ の時間に画像が表示される。（図68）の構成では制御信号線685は3画素行のTFT241bと接続されているから、もし、制御ドライバ684のシフトレジスタクロックとゲートドライバ101とのシフトレジスタクロックが同一であれば、 $t_1$ の時間に3倍速で各画素行が黒表示と切り換えるはずである。そして、黒表示後、画面の上部から順に画像が表示されていくはずである。

【0529】黒表示期間 $t_1$ と画像表示期間 $t_2$ との関係は制御ドライバ684の速度と、ゲートドライバ101の速度とを考慮して（任意に設定できる、もしくは設計事項である）行えばよい。黒表示時間 $t_1$ が長ければ動画ボケは改善される。しかし、表示画像は暗くなる。

【0530】なお、（図69）において $t_1$ と $t_2$ の関係は、 $0.2 \leq t_1/t_2 \leq 2$ の関係を満足させるようにすることが好ましい。また、 $t_1$ と $t_2$ のうち少なくとも一方の期間を自動であるいは手段で可変でもするように構成しておくことが好ましい。

【0531】（図69（b））は $t_1$ の期間を $t_{1a}$ と $t_{1b}$ の期間にわけたものである。 $t_{1a}$ の期間は（図69（a））の $t_1$ が該当する。つまり、黒表示期間である。 $t_{1b}$ の期間はプリチャージ期間である。 $t_{1b}$ の期間にソース信号線228に電圧を印加し、アナログスイッチ683の書き込み能力不足を解消する。プリチャージ電圧 $V_1$ は、次のフィールド（フレーム）で印加する映像信号（全エリア107）の平均振幅値 $V_A$ の70%以上120%以下とすることが好ましい。もしくは1Hごとにプリチャージを行う場合は、次の画素行に印加する映像信号の平均振幅値 $V_A$ の70%以上120%以下とすることが好ましい。 $V_A$ の算出はメモリ485のデータを演算することにより容易に算出することができる。

【0532】なお、（図69）において $t_1+t_2=1F$ としたがこれに限定するものではない。たとえば $t_1+t_2=1H$ （一水平走査期間）としてもよい。つまり、1H期間を $t_1$ と $t_2$ に分離し、 $t_1$ を黒表示（高電圧）映像とし、 $t_2$ を画像データ（自然画）映像とすればよい。そして $t_1$ の期間にTFT241bをオンさせ、 $t_2$ の期間にTFT241aをオンさせる。ただし、制御ドライバ684により選択されたTFT241bが接続された画素行と、ゲートドライバ101に選択されたTFT241aが接続された画素行とは一定の間隔にする必要がある。さもなければ黒表示後にすぐに画像データが書き込まれてしまうからである。

【0533】また、（図68）では一つの制御信号線685は3つの画素行を制御するとしたが、これは一例であって、一画素行でもよいし、もっと多画素行であってもよい。また制御する画素行は連続する必要はなく離散した画素行を選択、制御するものであってもよい。

【0534】なお、（図68）において、制御ドライバ684は内部のシフトレジスタを動作させて制御信号線685を順次選択するとしたが、これに限定するものではなく、ランダム選択してもよく、また、全制御信号線685を一度に選択して黒表示を実現してもよい。

【0535】（図70）はゲートドライバ101にGOE端子701を付加した構成である。GOE端子701をHレベルにすると全ゲート信号線261にオン電圧が出力される。したがって、すべてのTFT241がオン状態となり、ソース信号線228に印加された電圧を画素電極230に書き込む。

【0536】GOE端子701は（図69（a））の $t_1$ 期間、もしくは（図69（b））の $t_{1a}$ 期間にHレベルにする。したがって、この期間に全画面107は黒表示となる。なお、（図70）の実施例では全画面を一括して黒表示するとしたが、複数本のGOE端子を形成し、画面を分割すれば、画面を分割して黒表示することができる。また、（図69（a））の $t_1$ の期間オンする画素行と、 $t_2$ の期間オンする画素行とを個別に制御できるようにすれば、一画素行ずつであっても黒表示書

き込みと、画像表示書き込みとを切り換えることができる。この構成は、ゲートドライバ101に $t_1$ の期間選択用のシフトレジスタ1と、 $t_2$ の期間選択用のシフトレジスタ2とを設け、この出力をリアルタイムで切り換えてゲート信号線261を選択するようにすればよい。また、（図69（b））に示す。プリチャージ時間 $t_{1b}$ の適用もできることは明らかであるから、（図69（b））の場合も（図68）の説明を準用することができる。したがって説明を省略する。

【0537】以上の実施例はソースドライバ102から黒表示を行う信号と画像表示を行う信号の両方を出力するものであった。しかし、ソースドライバ102にすべて負担させると、映像信号の倍速変換をする必要が生じたり、複雑な映像信号処理が必要になるなどのため、表示装置のコストが高くなる。

【0538】（図71）はこの課題を対処するものである。711はリセット信号線である。この信号線には黒表示を行うために信号が印加されている。一例として5KHzから50KHzの矩形波もしくは正弦波である。

（図68）等で説明したソース信号線102が出力する黒表示用の信号と同様である。TFT241bがオンするとリセット信号線711に印加されている信号711が画素電極230に書き込まれる。そのため、画素電極230上の液晶層226が配向し、該当画素は黒表示となる。

【0539】なお、リセット信号線711は画素行方向に接続しているが、画素列方向に接続してもよいし、また、マトリクス状に接続したり、複数の画素行もしくは列のTFT241bと接続し、ブロックごとに黒表示を行ってもよい。

【0540】また、本発明の明細書ではスイッチング素子としてTFTを例示して説明しているが、これに限定するものではなく、薄膜ダイオード（TFD）などのスイッチング素子、プラズマアドレス型液晶表示パネルなどのプラズマの作用によりスイッチングを行うものでもよく、その他、走査電極方式等では、特に、リレーなどのメカニカルな動作機構のもの、CMOSリレー、ホトリレーなどでもよく、また、STNなどの実効値応答を行う方式であってもよい。また、TFT241はドレイン端子が画素電極230に接続されておればよく、（図71）の位置に限定されるものではない。

【0541】リセット信号線711は通常（リセットを行わない時）は固定電位（たとえば対向電極225電位）に保持しておけば、リセット信号線と画素電極230とを電極として付加容量を形成することができる。この場合はリセット信号線711は画素電極230下で一定の電極幅を有するように構成する必要がある。また、リセット信号線711はITOなどの透明電極で形成すれば、開口率を低下することはない。透明電極で形成し、配線抵抗が高くなりすぎる場合は、透明電極の一部

金属材料で形成すればよい。なお、開口率の問題は画素電極230が反射電極の場合は課題とはならない。

【0542】TFT241aがオンすると、ソース信号線228に印加されている映像信号が画素電極230に書き込まれる。したがって表示パネル21に画像が表示される。一方、TFT241bがオンすると、リセット信号線711に印加されている。黒表示用の信号が画素電極230に書き込まれる。したがって、表示パネル21の表示領域の一部または全部が黒表示となる。黒表示される領域と画像表示される領域とを交互にまたは、走査状態とすることにより容易に動画ボケ等を改善できる。好ましくは、ゲート信号線261aが接続されたゲートドライバと、ゲート信号線261bが接続されたゲートドライバとを設けることにより、映像信号等を倍速変換をする必要もなく、複雑な回路構成にする必要もなく、黒表示と画像表示を交互にまたは同時に行うことができる。

【0543】(図72)は(図71)の周辺部を含めた等価回路図である。パルス発生回路571から黒表示用の信号が出力される。ゲートドライバ101bは黒表示を行う画素を選択し、ゲートドライバ101aは画素表示を行う画素を選択する。

【0544】(図73)は黒表示用のソースドライバ102bとゲートドライバ101b、画像表示用のソースドライバ102aとゲートドライバ101bを具備する構成である。TFT241aはソースドライバ102aに接続されたソース信号線228aに接続され、また、ゲートドライバ101aに接続されたゲート信号線261aに接続されている。TFT241bはソースドライバ102bに接続されたソース信号線228bに接続され、また、ゲートドライバ101bに接続されたゲート信号線261bに接続されている。TFT241aと241bは画素電極230の対角位置に配置されている。

【0545】このようにTFTアレイを形成することにより、TFT241aは画素行単位で順次画像を表示し、TFT241bも画素行単位で順次、黒表示を表示する。

【0546】(図73)の構成では、同一クロックに同期させて、ソースドライバ102aとゲートドライバ101aの組と、ソースドライバ102bとゲートドライバ101bの組とを、動作させるだけである。したがって、回路構成も容易となる。また、黒表示に書きかえている画素行位置と、画像表示は書きかえている画素行位置の間隔を、ユーザがあるいはシステムがもしくは自動的に可変することが容易となる。また、黒表示領域面積の増大、縮小も容易である。したがって、コントラスト調整、画面輝度調整も容易となる。

【0547】(図74)は(図73)の構成を等価回路図で示したものである。なお、(図73)の構成において、ゲート信号線261と画素電極230を電極として

付加容量262を構成すれば画素開口率も低下せず好ましい。

【0548】本発明は、映像信号の内容に応じて、映像信号データを補正(ガンマカーブ、白黒伸長など)する機能と、映像信号からバックライトを調光する信号を作成し、バックライトを制御する機能とを有する、もしくは実施することの特徴とする。(図75)はその構成図である。ただし、(図10)で説明した事項は極力、省略する。

【0549】映像信号処理回路106から、ドライバコントローラ103に、ガンマカーブ、白黒伸張処理が行われたデータ、HD、VD周期信号が送られる。ドライバコントローラ103はゲートドライバ101、ソースドライバ102を制御して表示パネル21に画像および黒表示を表示する。また、表示パネル21上に走査ドライバ411、パルス発生回路571が構成もしくは積載されている場合は、これらも制御する。

【0550】一方、映像信号処理回路106からバックライトコントローラ105に、バックライトの点滅情報、点滅周期、輝度レベルなどが送られる。バックライトコントローラ105はこれらの信号に基づいて、LEDドライバ104(発光素子ドライバと考えるべきである。たとえばELドライバ、蛍光管ドライバ、蛍光素子ドライバなども含む概念である)を制御して、バックライトの各部もしくは全体を、調光もしくは点滅させる。

【0551】したがって、バックライトの調光等と表示画像の補正処理を同時に行うことにより、高コントラスト表示、動画ボケの改善などを効率よくおこなうことができる。なお、映像信号処理回路106には自動的に、もしくは手動で操作できるスイッチSWを取りつけておくことが好ましい。SWを操作することにより、表示パネル21に表示させる画像が静止画と動画の場合の処理を切り換える。

【0552】(図76)は本発明の主として、映像信号処理回路106部のブロック図である。メモリ485aの映像データから画面の平均輝度、最大輝度、最小輝度が抽出される。これらの輝度データは乗算器761で重み付け処理がされて、演算処理回路762aに送られる。重み付け処理の係数は、ユーザが任意に、もしくは映像内容あるいは周囲照度により自動的に設定できるように構成される。この映像内容とは映画とかコンサートとかのジャンル別のことを、もしくは明るいシーンとか暗いシーンとか画面輝度状態のことを意味する。

【0553】周囲照度により変化させるのは表示パネル21を観察する周囲照度が高い場合は、画面輝度を高くする必要があり、周囲照度が低い場合は、省電力の観点からも画面輝度を低くすることが好ましいからである。周囲照度はホトセンサで検出すれば容易である。また、周囲の光の色温度もカラーセンサで検出し、加味することが好ましい。

【0554】また、メモリ485aの画像データはマトリックス状にマトリックス状に分割される。このデータの状態をメモリ485bに示す。このようにマトリックス状に区切られた個々のブロックごとに最大輝度、最小輝度、平均輝度が求められる。

【0555】なお、本明細書において、“輝度”という表現を用いているが、これはデータのレベル（大きさ）、特性を示すものである。データが処理されて画像として表示されてはじめて輝度となるのであって、メモリ485上のデータ自身で輝度が表現されているわけではない。ここでは理解を容易にするため、あるいは説明を容易にするために“輝度”と呼んでいるだけである。

【0556】メモリ485bで求められた（処理された結果の）データからは輝度分布、所定値以上の明るさを有する明領域個数、所定値以下の暗さを有する暗領域個数が求められ、それぞれ、乗算器761で重みづけ処理が行われる。これら求められたデータは演算処理回路762aに送られる。演算処理回路762aはフレームごとのデータを加味し、また映像データの変化状態を加味することにより、重み付け定数Mの値を随時変更していく。つまり、過去のデータから乗算器761それぞれの係数Mを変化させるのである。これは、画像が明るい画面から次のフレームで急に暗い画面に変化する場合などに、単にフレーム処理で行っていたのでは、画像が急変してしまうからである。したがって、演算処理回路762aは画像データの変化量を追尾しながら処理を行う。

【0557】演算処理回路762aは入力されるデータを処理して、表示パネル21に適正なガンマカーブ、立ち上がり電圧、振幅値などを求める。ガンマ曲線は内部に有するメモリから構成されるROMテーブルで変換する。また、バックライト16の形状（光発光領域の分割状態）が（a）全画面一括、（b）ストライプ状、（c）マトリックス状であるかを考慮し、（a）～（c）のうち1つを選択して、その形状に最適なようにデータ変換して出力する。この映像信号がソースドライバ102に転送される。ソースドライバ102はゲートドライバ101およびバックライトのドライバと同期をとって画像を表示する。

【0558】（図77）はバックライトコントローラ105の説明図である。データ処理は（図76）映像信号処理回路とほぼ同一である。異なる点はメモリ485bから求めるデータに“暗領域個数”がない点である。その他、異なる点は演算処理回路762bから出力されるデータはバックライトなどの発光体の点滅周期、点滅時間、点灯位置の分布という点である。これらのデータはバックライトドライバ104に送られる。

【0559】（図76）（図77）において映像信号から表示パネル21、バックライト16を制御するデータを形成（作成）するとした。これに加えて、（図78）に示すように制御する液晶表示パネル21の表示状態を

ホトセンサ781で検出し、検出された信号を検出器で制御データとし、この制御データをも用いてもよい。つまり、現在の表示状態（液晶には応答時間等の問題がある）をフィードバックして、よりよい画像表示状態とするのである。ホトセンサ781は対向基板222に密着させ、特別に形成した検出用電極783上の液晶の光透過率を検出する。検出用電極には表示画面の平均的な電圧を印加するように構成するとよい。

【0560】有機EL表示パネル、FEDなどの自己発光型の場合にも、（図76）の駆動方式を適用することができる。この場合はまた、ガンマカーブを変化させればよい。

【0561】液晶表示パネル21をライトバルブとして用いる投射型表示装置の課題に動画ボケがある。この動画ボケとは、動画像を表示した場合に動画像の輪郭がにじむもしくはおひきが発生する現象である。この動画ボケは液晶表示パネルだけでなく、1フレームの期間を使って階調を表示する表示パネルに生じる。

【0562】液晶表示パネルは特に液晶の応答性が悪いいため動画ボケが大きい、実はこの現象は液晶の応答性を速くしても発生する。したがって、動画ボケ対策はCRT以外のディスプレイ、たとえば、PDP、DMD（DLP）、ELなどドットマトリックス型の表示パネルに共通に発生する。したがって、以下の事項、方法、装置はドットマトリックス型の表示パネルに適用される。

【0563】以上の本発明は主として、表示パネル表示装置について説明をした。これらの表示装置等をライトバルブとして用いれば投射型表示装置、ビューファインダを構成できるし、また、モニターとして用いれば、携帯情報端末、パーソナルコンピュータ、テレビ等を構成できる。以後、主として本発明の表示装置、表示パネル、駆動方法等を採用した各種表示装置について説明をする。

【0564】（図79）は本発明の投射型表示装置の構成図である。

【0565】表示パネル21は本願発明の表示パネル、半透過型表示パネル、TI社が販売しているDMDパネル、韓国の大字社が開発しているTMA、あるいはシリコンチップドベース液晶表示パネルなどを用いる。ここでは透過型の表示パネルである場合を説明するが、表示パネルが反射型である場合は、PBS等を用いては容易に反射型に構成できる。

【0566】（図79）の794は回転フィルタである。回転フィルタ794はブラシレスDCモーター143により回転軸142を中心として回転する。回転フィルタ794は扇型のダイクロイックフィルタ（ダイクロックミラー／色フィルタ）533を複数組み合わせさせた形状をしている。

【0567】（図81）に示すように、円盤802の周

囲にダイクロイックフィルタ（カラーフィルタでもよい）794が並べられている。ダイクロイックフィルタ794RはR光を透過する。ダイクロイックフィルタ794GはG光を透過する。ダイクロイックフィルタ794BはB光を透過する。

【0568】円盤802は回転することにより入射光18である白色光を時分割でR、G、B光に変換する。R、G、B光に変換された光はフィールドレンズ795aで平行光に変換され表示パネル21に入射する。表示パネル21は入射光を変調し、変調された光は投射レンズ797に入射してスクリーン（図示せず）に拡大投影される。

【0569】（図80）に示すように、円盤802は筐体804中に配置されている。筐体804は金属材料、もしくはエンジニアリングプラスチック材料で形成あるいは構成されている。モータ143も筐体804中に配置されている。筐体804の光入射部には入射光18が入射する透過窓803が取り付けられている。透過窓803には入射光の反射を防止するAIRコート膜

（反射防止膜）が形成され、また、必要に応じて紫外線をカットするUVカット膜および赤外線をカットするIRカット膜が形成されている。筐体804の一部には筐体804内の熱を放熱する放熱板805が取り付けられている。また、放熱板805はペルチェ素子でもよい。

【0570】筐体804内は1気圧から3気圧の水素が充填されている。水素は比重が低いいため、円盤802が回転することにより発生する風損を減少させることができる。また、放熱効果が高い。しかし、水素は酸素と混合することにより爆発する危険性がある。そのため筐体804の一部に水素の圧力および輝度を測定するセンサ801が取り付けられている。

【0571】センサ801は筐体内の水素の圧力および／または純度を測定し、水素の濃度等が一定値以下となると信号を発する。この信号により“水素濃度をチェックする”という表示灯を点灯させるとともに、ランプ791の発光を停止させる。

【0572】円盤801の周囲を完全に、または極力、筐体804で囲むことにより、騒音を防止する事ができる。ただし、筐体804に開口部を有する場合は、水素冷却方式は採用できない。しかし、円盤802の風きり音、モータ143の電磁音を良好に抑制できるという騒音防止の効果は十分に発揮できる。また、筐体804の周囲を液体などで直接冷却してもよい。

【0573】（図80）に示すように、円盤802は筐体804中に配置されている。筐体804は金属材料、もしくはエンジニアリングプラスチック材料で形成あるいは構成されている。円盤802もしくはフィルタ794の表面は空気などとの摩擦を低減するため、微小な凹凸を表面に形成するとよい。それはたとえば、ゴルフボールの表面部のような凹凸であるとよい。

【0574】表示パネル21が偏光変調方式の場合は、透過窓803に偏光板を貼り付けるかあるいは透明基板に偏光板を取り付けた板を光路に配置する。この際、透過窓803あるいは偏光板を取り付けた板はサファイアガラスあるいはダイヤモンド薄膜を形成した基板を用いるとよい。これらは熱伝導性が良好だからである。

【0575】表示パネル21には（図111）に示すようにマイクロレンズアレイ1112を取りつけ、また表面に反射防止基板1111を取りつけることが好ましい。

【0576】マイクロレンズアレイ1112は周期的な屈折率分布を有するように、微小な凹凸（マイクロレンズ）が形成されている。マイクロレンズは日本板ガラス（株）が製造しているイオン変換法によっても形成することができる。この場合はマイクロレンズアレイ1112の表面は平面状となる。また、オムロン（株）あるいはリコー（株）のようにスタンプ技術を用いたものでもよい。その他、周期的な屈折率分布を有する構成として回折格子などがある。また、高分子分散液晶に電圧を印加することによりマイクロレンズを発生する方式もある。これらも、光の強弱を空間的に発生させることができるのでこれも用いることができる。また、マイクロレンズアレイは樹脂シートを圧延することにより、あるいは、プレス加工することにより形成あるいは作製してもよい。

【0577】ただし、マイクロレンズの形成ピッチ $P_x$ と表示パネル21の画素の形成ピッチ $P_d$ とが特定の関係となるとモアレが発生が激しくなる。そのため以下の関係を満足するように構成することが重要である。

【0578】モアレについては表示パネルの画素ピッチを $P_d$ 、マイクロレンズ186の形成のピッチを $P_x$ とすると、発生するモアレのピッチ $P$ は

$$1/P = n/P_d - 1/P_x \quad (\text{数式15})$$

とあらわせる。最大モアレピッチが最小となるのは、

$$P_x/P_d = 2/(2n+1) \quad (\text{数式16})$$

のときであり、 $n$ が大きいほどモアレの変調度が小さくなる。したがって、（数10）を満たすように $P_x/P_d$ を決めるとよい。（数式16）で求められた（決定した）値の80%以上120%以下の範囲であれば実用上十分である。まず、 $n$ を決定すればよい。

【0579】なお、モアレの発生をさらに低減するにはマイクロレンズアレイ1112と表示パネル21間に散乱性能の低い拡散シートを配置するとよい。

【0580】動画表示を良好とする時は、OCBモードあるいは $\Delta n$ が大きい超高速TNモード、反強誘電液晶モード、強誘電液晶モードを用いるとよい。また、表示パネルを反射型としても用いる場合には、高分子分散液晶モード、ECBモード、TN液晶モード、STN液晶モードを用いるとよい。

【0581】（図65）は1つの表示パネル21でカラ

一表示を行うものであったが、(図114)は3つの表示パネル21でカラー表示を実現するものである。3つの表示パネル21の画像を合成するダイクロイックプリズム1141に、偏光板431がはりつけられている。また、表示パネル21の光入射側の偏光板はサファイヤガラスからなる。もしくはダイヤモンド薄膜を形成した透明基板1142にはりつけられている。表示パネル21は(図22)(図23)(図24)(図27)等の構成が採用されており、また、(図111)に示すマイクロレンズアレイ1112および反射防止基板1111等が取り付けられている。

【0582】表示パネル21、ダイクロイックミラー、透明電極1142は点線で示す筐体804で密封されており、(図80)で説明したように筐体804の内部は水素が充填されている。その他、筐体804の外部に放熱板805等が取り付けられている点等は同様であるので説明を省略する。

【0583】発光ランプ1141は(図79)と同様にUHPランプ、メタハラランプ、キセノンランプ、ハロゲンランプが採用される。ランプのアーク長は(図79)と同様にパネル21の有効対向長を $m$ (mm)としたとき、ランプのアーク長 $L$ (mm)は、 $m/50 \leq L \leq m/20$ とされ、また、投射レンズ797のFナンバー $F$ は $1.5 \leq F \leq 3.0$ の条件を満足するように構成される。また、ランプ791と表示パネル21間には(図89)に示す2つのインテグレートレンズ891とプリズムアレイ871が配置される。

【0584】UHPランプ791から放射された光はダイクロイックミラー533a、533bによりR・G・B光の3原色の光路に分離され、R光は表示パネル21Rに、G光は表示パネル21Gに、B光は表示パネル21Bにそれぞれ入射する。表示パネル21はそれぞれ映像信号に対応して液晶の配向を変化させ、光を変調する。このように変調されたR・G・B光はダイクロイックプリズム1141により合成され、投射レンズ797によりスクリーン(図示せず)に拡大投影される。

【0585】UVIRカットフィルタ1143の帯域は半値の値で430nm～690nmである。R光の帯域は600nm～690nm、G光の帯域は510～570nmとする。B光の帯域は430nm～490nmである。各表示パネル21はそれぞれの映像信号に応じて散乱状態の変化として光学像を形成する。

【0586】表示パネル21の周囲を筐体804で取り囲み、筐体804の内部に水素ガスを充填する。投射型表示装置が赤色光を変調する表示パネル21R、緑色光を変調する表示パネル21G、青色光を変調する表示パネル21Bの3つの液晶表示パネルを具備し、かつ、これらの表示パネル21が変調した光を合成するダイクロイックプリズムあるいはPBSを具備する場合は、これらの表示パネル21およびダイクロイックプリズムなど

を1つの筐体804で取り囲み、筐体804内部に水素ガスを充填する。

【0587】筐体804内にはシロッコファンを配置し、また、筐体804外部には放熱板を配置する。シロッコファンは青色光を変調する表示パネル21Bの直下に配置する。これは青色光を変調する表示パネルの入射側偏光板が特に熱により劣化しやすいからである。そのため、表示パネル21Bを重点的に冷却する。また、光入射側および光出射側の偏光板431と表示パネル21間に空間をあけ、偏光板431と表示パネル21間に水素ガスが流動できるように構成する。偏光板431の表面には無機材料の誘電体多層膜からなる反射防止膜を形成するとよい。

【0588】シロッコファンからの空気は表示パネル21を冷却し、放熱板に吹き付けられる。また、筐体804内には内部の空気を循環させる循環ファンを配置するとよい。

【0589】また、放熱板は筐体804外部に配置された放熱器に接続し、この放熱器を冷却する冷却ファンを配置するとよい。また、水素漏れを検出する水素濃度検出器801を筐体804に取り付けておくことよい。さらに、筐体804を防爆構造としておくことが好ましい。水素ガスは1気圧以上5気圧以下に充填しておくことが好ましい。水素は空気と比較して密度の比が $1/14$ であり、ファンなどの風損を減少させることができる。また、比熱が高く、冷却効果10倍近くも高い。また、不活性であるため、液晶表示パネル21などの劣化が生じにくい。

【0590】以上の実施例では、筐体804内に水素ガスを充填するとしたがこれに限定するものではなく、窒素、ヘリウムなどの他のガスでも冷却性能などは低下するが空気よりも冷却効果は発揮できる。また、通常の空気であっても筐体804内を密閉することによる液晶表示パネル21へのゴミの付着が防止できるという効果を発揮できる。これらの水素ガスなどによる冷却、筐体804などの関する事項は(図80)(図124)に対しても適用できることはいうまでもない。また、ビューファインディングに採用してもよい。

【0591】(図114)の構成では入射側の偏光板431bは特に光吸収の割合が高く、劣化しやすい。これに対応するため(図120)に示すにケース1201内に透明基板、1142を配置する。透明基板1142はダイヤモンド薄膜が表面に形成されている。もしくはサファイヤ基板から構成されるため熱伝達率が高い。この透明基板1142上に偏光板431が取り付けられている。

【0592】なお、ケース1201bをサファイヤ基板もしくは表面にダイヤモンド薄膜を形成し、このケース1201bに直接、偏光板431を取り付けてもよい。なお、画像表示有効な光が通過する箇所には反射防止膜



229を形成し、また、それ以外（無効領域）には光吸収膜もしくは光吸収部材を形成しておくことが好ましい。（図120（b））では偏光板431は冷却液1203に接する面に取り付けられているが、これに限定するものではなく、偏光板431をケース1201bの空気と接する面に取り付けてもよい。この場合は、偏光板1201bで発生した熱はケース1201bを伝達され冷却液1203で冷却される。

【0593】冷却液1203は純水、エチレングリコールなどが例示される。なお、冷却液中に水酸化ナトリウムなどを添加し、PHを10.5以上12.5以下にしておくことが好ましい。これは金属等の腐食を防止するためである。

【0594】ケース1201の周辺部には放熱板585を取りつけてある。この放熱板に水素もしくは通常の空気をふきつけることにより効率よく冷却ができる。放熱板585を冷却すると冷却液1203に対流が発生する（（図120）の一点鎖線矢印を参照）。この対流を良好なものとするため、ケース内にスぺーサ1202を形成している。このスぺーサ1202により冷却液は3つの部分に分割される。Aの部分は冷却液1203が下降する領域である。Bの部分は冷却液が熱せられ上昇する領域である。スぺーサ1203は偏光板431の幅よりも外側に配置する。以上のようにスぺーサ1202を配置することにより良好な対流が発生し、偏光板431を良好に冷却することができる。

【0595】なお、ケース1201に直接、液晶表示パネル21をはりつけてもよい。また、1201cを液晶表示パネル21のアレイ基板221もしくは対向基板222にしてもよい。つまり、表示パネル21の対向基板222とケース1201b間に冷却液1203を充填する構成である。ただし、（図111）に示すように表示パネル21にマイクロレンズアレイ1112が取り付けられている場合は、このマイクロレンズアレイ1112とケース1201b間に冷却液1203を充填すればよい。

【0596】（図111）のように表示パネル21にマイクロレンズアレイ1112が取り付けられている場合は、これらを一体として本明細書では表示パネル21とする。つまり、表示パネル21とは単に、対向基板222とアレイ基板221に挟持された光変調層226だけを意味するものではなく、マイクロレンズアレイ1112、反射防止基板1111、（図39）に示すような走査基板21bが付加された構成などであっても、これらを含めて表示パネル21と呼ぶ。つまり、表示デバイスの意味である。

【0597】さらには（図95）のようにバックライト16と表示パネル21とが一体となったものでも表示パネル21を意味する場合もある。同様に発光素子11／141についても、単に発光素子と呼んでいても（図1

23）のような付属物をついたものをも意味することは言うまでもない。また、（図122）のように複数の発光素子141を具備する場合もあるし、（図118）のようにアレイ状に構成された場合も発光素子である。

【0598】なお、以上の実施例は、投射型表示装置を例として説明したが、これに限定するものではなく、ビューファインダ、ヘッドマウントディスプレイ、直視モニターなどにも応用展開できることは言うまでもない。

【0599】以下、本発明のビューファインダについて説明をする。なお、本明細書では少なくとも発光素子などの光源（光発生手段）と、液晶表示パネルなどの自己発光形でない画像表示装置（光変調手段）を具備し、両者が一体となって構成されたものをビューファインダと呼ぶ。

【0600】また、ビデオカメラとはビデオテープを用いるカメラの他に、FD、MO、MDなどのディスクに映像を記録するカメラ、電子スチルカメラ、デジタルカメラ、固体メモリに記録する電子カメラも該当する。

【0601】（図82）は本発明のビューファインダの説明のための断面図である。（図82）のビューファインダは本発明の表示パネル21を用いている。特にPD液晶表示パネルを用いることが好ましい。表示パネル21の射出面には凸レンズ795が配置されている。

【0602】凸レンズ795は液晶層226で変調された光を集光する機能も有する。そのため表示パネル21の有効径に対して拡大レンズ824の有効径が小さくてすむ。したがって、拡大レンズ824を小さくすることができビューファインダを低コスト化、および軽量化できる。

【0603】なお、表示パネル21はTN液晶表示パネルのように偏光方式の表示パネルを用いてもよい。

【0604】拡大レンズ824は接眼リング823に取り付けられている。接眼リング823の位置を調整することにより、観察者の眼826の視度にあわせてピント調整を行うことができる。また観察者は眼826を接眼カバー（アイキャップ）825に密接させて表示画像を見るため、バックライト16からの光の指向性が狭くても課題は発生しない。

【0605】透明ブロック716は、（図84）に示すように焦点0を中心とする凹面鏡であり、焦点0から放射された光を反射面cで反射させることにより平行光に変換するものである。ただし、本発明の使用するのは完全な放物面鏡に限定するものではなく、だ円面鏡等でもよい、つまり、発光源から放射される光を略平行光に変換するものであれば何でもよい。本発明では（図84）における斜線部を透明ブロック821として使用する。また、発光素子は点光源に限定するものではなく、たとえば細い蛍光管のように線状の光源でもよい。この場合は放物面は2次元状の放物面でもよい。

【0606】（図82）に示すように発光素子11が点

光源の場合、使用部分は斜線部である。この使用部に裏面にA1などの膜を蒸着して反射面831（図83参照）を形成する。反射面はA1、Agの金属材料の他、誘電体ミラーあるいは回折効果を用いたものでもよい。また、他の部材に反射面831を形成して取りつけてもよい。

【0607】白色LED11から放射された光は透明ブロック821に入射する。入射した光は狭い指向性の光に変換され、表示パネル21に入射し、フィールドレンズ795で集光されて、拡大レンズ821に入射する。フィールドレンズ795はポリカーボネート樹脂、ゼオネックス樹脂、アクリル樹脂、ポリスチレン樹脂等で形成する。透明ブロック821も同様の材料で形成する。中でも透明ブロック821はポリカーボネートで形成する。ポリカーボネートは波長分散が大きい。しかし、照明系に用いるのであれば色ずれの影響は全く問題がない。したがって、屈折率が高いという特性を生かせるポリカーボネート樹脂で形成すべきである。屈折率が高いため、放物面の曲率をゆるくでき、小型化が可能になる。もちろん、有機あるいは無機からなるガラスで形成してもよい。また、レンズ状（凹面状を有する）のケース内にゲルあるいは液体を充填したものを用いてもよい。また、放物面の一部を加工した凹面のおわん状でもよい（透明部材ではなく、通常の凹面鏡の一部を使用）。

【0608】なお、反射面831をAl等の金属薄膜で形成した場合は、酸化を防止するため、表面をUV樹脂等でコートするか、もしくはSiO<sub>2</sub>、フッ化マグネシウム等でコーティングしておく。

【0609】なお、反射面831は、金属薄膜により形成する他、反射シート、金属板をはりつけてもよい。ま

$$m/2 \text{ (mm)} \leq f \text{ (mm)} \leq 3/2 \cdot m \text{ (mm)} \quad (\text{数式17})$$

f (mm) が  $m/2$  (mm) より短かいと放物面の曲率が小さくなり反射面831の形成角度が大きくなる。したがって、バックライトの奥ゆきが長くなり好ましくない。また、反射面831の角度がきついと表示パネル21の表示領域の上下あるいは左右で輝度差が発生しやすくなるという課題も発生する。

【0616】一方、f (mm) が  $3/2 \cdot m$  (mm) より長いと、放物面の曲率が大きくなり、また発光素子（発光部）の配置位置も高くなる。そのため、先と同様にバックライトの奥ゆきが長くなってしまう。

【0617】白色LEDがチップタイプの場合、発光領域の直径は1 (mm) 程度である。放物面が大きい場合、あるいは表示パネルの有効表示領域の対角長が長い場合、直径1 (mm) の対角長では小さい場合がある。つまり、表示パネル21に入射する光の指向性が狭くなりすぎる。拡大レンズ824の画角設計にもよるが、発光素子11の発光領域が小さいと、接眼カバー825から少し眼の位置をはなすと表示画像がみえなくなる。こ

た、あるいはペースト等を塗布して形成してもよい。また、別の透明ブロックなどに反射膜を形成し、透明ブロック821に前記反射膜を取り付けてもよい。光学的干渉膜を反射面831としてもよい。本発明は（図84）に示すように発光素子11を0の部分に配置し、これを中心として照明する。

【0610】発光素子は指向性のあるものを用いることができる。つまり照明範囲Cが狭いからである。そのため、光利用効率が良い。狭い照明面積に効率より光を照明できるからである。

【0611】この意味で発光部が小さい（白色）LEDは最適である。なお、発光素子の配置位置は焦点Oから前後にずらせても良い。発光素子の発光面積の大きさが見かけ上変化するだけである。焦点距離より長くすれば発光面積は大きくなる。焦点距離より短くすれば通常は照明面積が小さくなる。

【0612】（図85）に示すように本発明では、放物面鏡の中央部（B、B'）は使用しない。つまり、パラボラのように偏心させた部分を使用する。したがって、発光素子11から放射される光は18Bから18Aの範囲のものを用いる。

【0613】以上のことから、放物面鏡の中心線より半分のみ部分を用い、さらに発光素子の下面位置は照明光の通過領域として用いないものである。

【0614】表示パネル21の有効表示領域の対角長m (mm)（画素等が形成されており、ビューファインダの画像をみる観察者が画像がみえる領域（図83）（図86）参照）とし、放物面鏡の焦点距離f (mm)としたとき（図85参照）、以下の関係を満足するようにする。

【0615】

の場合は、（図82）に示すように光出射側に拡散板22a等を配置するとよい。また、発光素子11の出射側に拡散板を配置し、見かけ上の発光面積を大きくすればよい。

【0618】白色LED11は定電流駆動を行う。定電流駆動を行うことにより温度依存による発光輝度変化が小さくなる。また、LED11はパルス駆動を行うことにより発光輝度を高くしたまま、消費電力を低減することができる。パルスのデューティ比は  $1/2 \sim 1/4$  とし、周期は50Hz以上にする。周期が30Hzとか低いとフリッカが発生する。

【0619】LED11の発光領域の対角長d (mm)は、表示パネル21の有効表示領域の対角長（観察者が見る画像表示に有効な領域の対角長）をm (mm)としたとき以下の関係を満足させることが好ましい。

【0620】

$$(m/15) \leq d \leq (m/2) \quad (\text{数式18})$$

さらに好ましくは、以下の関係を満足させることが好ま



しい。

#### 【0621】

$(m/3) \leq d \leq (m/10)$  (数式19)

$d$  が小さすぎると表示パネル21を照明する光の指向性が狭くなりすぎ、観察者が見る表示画像は暗くなりすぎる。一方、 $d$  が大きすぎると、表示パネル21を照明する光の指向性が広くなりすぎ表示画像がコントラストが低下する。一例として表示パネル21の有効表示領域の対角長が0.5 (インチ) (約13 (mm)) の場合、LEDの発光領域は対角長もしくは、直径は2~3 (mm) が適正である。発光領域の大きさはLEDチップの光出射面に拡散シートをはりつけるもしくは配置することにより、容易に目標にあった大きさを実現できる。また、発光素子11はフレキシブル基板833に取り付けておく。

【0622】略平行光とは指向性の狭い光という意味であり、完全な平行光を意味するものではなく、光軸に対し絞りこむ光線であっても広がる光線であってもよい。つまり面光源のように拡散光源でない光という意味で用いている。

【0623】以上のことは、他の本発明の表示装置にも当然のことながら適用することができる。

【0624】液晶層226で散乱した光を吸収するため、あるいはレンズ面でのハレーション光を抑制するため、ボディ822の内面を黒色あるいは暗色にしておくことが好ましい。ボディ822で散乱光を吸収するためである。表示パネル21の無効領域 (画像表示に有効な光が通過しない領域部分) に黒塗料を塗布しておくことは有効である。

【0625】液晶層226は画素電極230に印加された電圧の強弱にもとづいて入射光を散乱もしくは透過させる。透過した光は拡大レンズ824を通過して観察者の眼826に到達する。

【0626】ビューファインダでは観察者がみる範囲は接眼カバー (アイキャップ) 824等により固定されているため、ごく狭い範囲である。したがって狭指向性の光で表示パネル21を照明しても十分な視野角 (視野範囲) を実現できる。そのため光源11の消費電力を大幅に削減できる。一例として0.5 (インチ) の表示パネル21を用いたビューファインダにおいて、面光源方式では光源の消費電力は0.3~0.35 (W) 必要であったが、本発明のビューファインダでは0.02~0.04 (W) で同一の表示画像の明るさを実現することができた。

【0627】観察者は眼826を接眼カバー (アイキャップ) 825で固定して表示画像をみる。ヒントの調整は接眼リング823を移動させて行う。なお、光源11は1つに限定するものではなく、複数であってもよい。

【0628】なお、表示パネル21と透明ブロック821間は透明樹脂126でオプティカルカップリングする

ことが好ましい。また、表示パネル21の周辺部からの光漏れを防止するためリング状の遮光体 (遮光板) 832を配置しておくことが好ましい。遮光板832は透明ブロック821に直接プリント印刷してもよい。遮光板824を配置することにより、透明ブロック821と表示パネル21との位置合わせが容易になる。

【0629】(図82)は透過型の表示パネル21を用いる例であった。(図87)は反射型の表示パネルもしくは、半透過型の表示パネル21をライトバルブとして用いたビューファインダの実施例である。

【0630】バックライトとして(図84)に示すものを用いている。したがって、発光素子11から放射された光はPBS871に入射する際 (光18b, 18a) には略平行光に変換されているフィールドシーケンシャル方式で駆動する場合は、発光素子11としてR, G, Bの3色のLEDを用いる。これらを表示パネル21に印加する映像信号と同期させて点滅させればよい。ただし、R, G, BのLEDを密集させて配置しても、完全に同一位置に配置することはできない。位置ずれがあると拡大レンズ824からみたときに発光体11位置がずれているようになり、表示画像に色むらが発生する。これを抑制するために、本発明ではR, G, BのLEDの光出射側に拡散板を配置して、発光体像を大きくし、見かけ上R, G, Bの発光素子を同一位置に配置したようにしている。

【0631】透明ブロック821から出射した光はPBS871の光分離面872でS偏光18aが反射される。P偏光18bは透過する。この透過光18bによるハレーションを防止するためには(図87)のように光吸収膜878を形成すればよい。また、PBS871内で乱反射する光を防止するために、光吸収膜878は無効領域 (画像表示に有効な光が透過しない領域) に形成または配置しておくことが好ましい。

【0632】表示パネル21は入射光18aを変調し、その変調割合に応じてS偏光をP偏光に変換する。変換された光18cは、光分離面872を透過し、拡大レンズ824に入射する。

【0633】なお、拡大レンズ824は(図87)のように複数枚のレンズを組み合わせで構成してもよい。また、表示パネル21が半透過仕様の場合は、(図87)に示すようにバックライト16bを配置することにより、発光素子11を用いずとも画像を表示することができる。また、発光素子11とバックライト16bとを同時に点灯させることにより、高輝度表示を実現できる。

【0634】表示パネル21がPD液晶表示パネルの場合は、(図88)に示すように表示パネル21の斜め方向から照明する構成でもよい。PD液晶表示パネル21は入射光を散乱させて変調し、散乱光18bを発生させる。この散乱光18bの一部が拡大レンズ824に入射することにより画像が表示されるからである。

【0635】(図89)は偏光変換プリズム871を具備する構成である。発光素子11から放射された光は、複数のレンズが2次元状に配置されたインテグレートレンズ(第1レンズ891a、第2レンズ891b)に入射する。インテグレートレンズ891の出射側には、偏光変換プリズム871が配置されている。偏光変換プリズム871はミラー892と $\lambda/2$ 板893からなる微小なプリズムを複数枚組み合わせたものである。このプリズム素子871を用いることにより、S偏光をP偏光に変換し、P偏光はP偏光のまま出射することができる。

【0636】(図90)は透明ブロックを用いず、発光素子11とレンズ795aで略平行光を形成し、PBS871に入射させるものである。また、補助的に凹面鏡792を用いている。

【0637】(図90(b))はレンズ795aと、発光素子11部との位置関係を示したものである。発光素子として11R、11G、11Bと白発光の11Wが配置されており、この光出射面に拡散板22が配置されている。拡散板22のかわりに、発光素子11R、11G、11B、11Wを光拡散性のある樹脂等でモールドしてもよい。

【0638】表示パネル21の駆動がフィールドシーケンシャルの場合は、11R、11G、11Bの発光素子を交互に点灯させる。表示パネル21が樹脂カラーフィルタ、ホログラフィーカラーフィルタなどのカラーフィルタを有する場合は、11Wのみを点灯させるか、11R、11G、11Bの3つを同時に点灯させるか、もしくは11W、11R、11G、11Bの4つの発光素子を点灯させ、白色光を表示パネル21に照射する。この際、11R、11G、11Bの発光素子を独立に制御し、白色光の色バランスがとれるようにしておく。

【0639】なお、(図90)等においてAに位置に表示パネル21bを配置してもよい。表示パネル21と21bとを配置することにより高精細画像を表示できる。また、光利用効率を向上させることもできる。表示パネル21と21bに立体表示用の映像を表示してもよい。また表示パネル21をRとBの2色をフィールドシーケンシャルで表示し、表示パネル21bをGの表示としてもよい。つまり、1つの表示パネルに2色の画像を表示させ、他方の表示パネルに残りの1色を表示させてもよい。これらの構成に関する事項は(図87)についても同様である。つまり、(図87)のBの箇所に表示パネル21bを配置すればよい。

【0640】透明ブロック821の反射面15の形状は(図140)に示すように焦点位置Oによって変化する。つまり焦点距離fによって変化する。(図140(a))に示すようにfが長い場合は反射面831の曲率は緩くなり、透明ブロック821の厚みtは薄くなる。つまり照明装置(バックライト)16は薄く小型に

形成することができる。

【0641】したがって、焦点距離fを大きくすることがビューファインダの小型化に直結し好ましい。しかし、(図140(a))のように構成すると、光源11から放射される光18aが表示パネル21(点線で示す)で遮光され、反射面831に入射させることができない。この課題に対応するため、(図140(b))に示すように、光源11からの光を反射面831aで一度反射させ、次に透明ブロック821の表面Aで全反射させた後、反射面831bに反射させて表示パネル21に入射させる構成が考えられる。

【0642】しかし、(図140(b))の構成では表面Aで反射する光の入射角度 $\theta$ は全臨界角以下の角度となってしまう。したがって、Aの範囲に入射した光は反射せず、つきぬけてしまう。そのため、表示パネル21の表示領域の一部は照明することができない。

【0643】(図141(a))はこの対策を行った構成である。透明ブロック821は透明ブロック821aと821bから構成する。透明ブロック821bはくさび状にする。透明ブロック821aと821bとは周辺部において保持部1411で保持させる。

【0644】空気ギャップ1351の大きさは、(図135)と同様の関係を満足させる。また、空気ギャップ1351の構成方法も(図138)等で説明している。透明ブロック821bの形成角度 $\theta_2$ (DEG.)は $2\text{度} \leq \theta_2 \leq 20\text{度}$ の条件を満足させる。さらに好ましくは、 $3\text{度} \leq \theta_2 \leq 10\text{度}$ の条件を満足させることが好ましい。

【0645】(図141(a))のように構成することにより、光源11から放射された光18aは反射面831aで反射され、空気ギャップ1351との界面で全反射される。この際、光18bの反射角度は $\theta_3$ は、くさび状の透明ブロック821bにより、充分に全反射角度(臨界角)以上となる。そのため、すべての光18bが反射され、反射膜831bに入射して反射光18dとなり、表示パネル21を照明する(表示パネル21は図示していない。(図82)(図83)を参照)。

【0646】反射光18dは透明ブロック821a、821b内を直進する。もし、透明ブロック821bがなければスネルの法則により大きく屈折されるであろう。以上のように光18dが直進するのは透明ブロック821aと821bとを組み合わせる用いた効果である。また、空気ギャップ1351は表示パネル21の表示領域において均一であるため、画像表示には影響を与えない。なお、透明ブロック821bの斜面は(図141(b))に示すように曲面または球面としてもよい。

【0647】光源11が見かけ上高い位置(光路を折り曲げないとき)にあり、光源11を反射膜831までの距離(焦点距離)が所定値以上の場合は、(図144)

に示すように、くさび状の透明ブロック821bを、  
(図141(a))に比較して逆方向にしてもよい。角度 $\theta_2$ は(図141)と同様である。

【0648】(図144)では、光源11から放射された光18aは斜めにカットされた反射面831aで反射され、空気ギャップとの界面で反射される。この際、光18bの反射角度は $\theta_3$ は、くさび状の透明ブロック821bを配置されていることにより、十分に全反射角度(臨界角)以上となる。そのため、すべての光18bが反射され、反射膜831bに入射して反射光831dとなり、表示パネル21を照明する。

【0649】反射光18dは(図141)と同様に透明ブロック821a、821b内を直進する。表示パネル21を透過した光18dは、集光レンズ795で集束光18eとなる。したがって、ビューファインダの拡大レンズ824のレンズ径を小さくできる。

【0650】なお、レンズ795と表示パネル21間も、透明樹脂、透明液体、透明ゲルなどでオプティカルカップリングすることが好ましい。

【0651】また、表示パネル21が反射タイプ(あるいは半透過仕様)の場合は(図146)のように構成すればよい。透明ブロック821aと821bとを用いる。 $\theta_4$ (DEG.)は、  
 $40\text{度} \leq \theta_4 \leq 55\text{度}$   
とすることが好ましい。

【0652】(図146)では、光源11から放射された光18aはレンズ795bで略平行光の光に変換され、透明ブロック821aに入射する。入射した光18aは、空気ギャップ1351との界面で反射され、反射光181bとなり表示パネル21に入射する。表示パネル21で変調された光181cは、透明ブロック821a、821b内を直進する。透明ブロック821bを透過した光18cは、(図144)と同様に集光レンズ795で集束光となり、拡大レンズ824に入射する。

【0653】なお、レンズ795bと透明ブロック821b間も、透明樹脂、透明液体、透明ゲルなどでオプティカルカップリングしてもよい。また、透明ブロック821bとレンズ795とを一体として形成してもよい。また、表示パネル21が半透過仕様の場合は(図146)に示すように表示パネル21の裏面にバックライト16を配置してもよい。

【0654】なお、(図141(b))に示すように透明ブロック821aは円弧状に形成しても、球面状に形成しても、あるいは非球面、多角形に形成してもよい。透明ブロック821aは透明ブロック821bの形状にあわせて空気ギャップ1351が一定となるように形成または構成する。ただし、透明ブロック821bなどにレンズ効果を持たせるため、空気ギャップ1351を表示パネル21の中央部と周辺部で変化させてもよい。また、(図141)(図142)(図144)において反

射面831aは曲面とし、レンズ機能をもたせてもよい。

【0655】また、透明ブロック821aと821bの屈折率は色収差を考慮して屈折率が異なるものを用いてもよい。また、透明ブロック821は着色させてもよい。他の構成は(図82)(図83)の構成が適用されることは言うまでもない。

【0656】また、透明ブロック821の反射面831は3次元の放物面に限定するものではなく、楕円面であっても、あるいは2次元状であってもよいことも言うまでもない。また、透明ブロック821の光出射面に微小な凹凸を形成して、指向性を拡大してもよい。また、画像表示に有効な光が通過しない領域には光吸収膜を形成することが好ましい。

【0657】また、(図142)のように透明ブロック821bはなくともよい。透明ブロック821aの光出射面に液晶表示パネル21を配置する。液晶表示パネル21の配置位置によっては、液晶表示パネル21に斜めに光18dが入射することになる。液晶表示パネル21がノーマリホワイトモードの時は、液晶分子の配向方向と光18dの入射角度が一致し、コントラストを向上させる。

【0658】なお、(図82)(図83)の構成においても、(図143)に示すように透明ブロック821を液晶表示パネル21に対して斜めに配置してもよい。また、液晶表示パネル21には(図142)に示すように斜め方向に入射するようにしてもよい。また(図143)の反射膜15で示すように透明ブロック821の表面に反射膜15を配置または形成し、入射光18bが臨界角以下であっても反射できるように構成してもよい。また発光素子11は(図90)で説明したように、R、G、BのLED等から構成し、フィールドシーケンシャル表示に対応させておくことが好ましいことは言うまでもない。

【0659】(図145)のように透明ブロック821bに出射側に凸レンズ795を配置してもよい。また、レンズ795と透明ブロックとを一体として成型加工してもよい。同様に表示パネル21が反射型等の場合は(図147)に示すように透明ブロック821bの出射側に凸レンズ795を配置してもよい。また、透明ブロック821bと凸レンズ795とを一体化して形成してもよい。

【0660】(図148)は表示パネル21の反射電極230で正反射した光18cを拡大レンズ824で集光する方式である。PD表示パネル21の場合はNBモード表示となる。反射光18cは斜め方法に進行するので、透明ブロック821bを出射面に $\theta_5$ の角度をもたせて透明ブロック821bからの出射光の方向をまげている(18d)。レンズ795の光入射面等には色フィルタ(図示せず)を配置してもよく、またレンズ795

自身を着色してもよい。なお、無効領域には光吸収膜146を形成しておくことが好ましい。

【0661】(図149)は1つの透明ブロック821で反射型表示パネル21等に光を入射させる構成である。発光素子11から放射された光は、透明ブロック821のAで全反射され液晶表示パネル21に入射する。液晶表示パネル21はPD液晶表示パネルであり、NWモード表示である。したがって散乱光がレンズ795に入射して画像が表示される。以上のように構成すれば

(図88)のように表示パネル21を斜め上方から照明する必要がない。そのため、ビューファインダをコンパクトに構成できる。なお $\theta$  (DEG.) は、 $40 \leq \theta \leq 55$ となるように構成することが好ましい。他の事項はこれまでに説明してきた内容と同様であるので説明を省略する。このことは(図150)(図151)(図152)についても同様である。

【0662】(図150)は複数の透明ブロック821を用いて表示パネル21を照明する構成である表示パネル21としては、PD液晶表示パネルを採用することが好ましい。表示パネル21に入射する主光線の角度 $\theta_0$  (DEG.) は、 $30 \leq \theta_0 \leq 75$ となるようにし、好ましくは $40 \leq \theta_0 \leq 60$ の関係を満足するようにする。

透明ブロック821は(図151(a))に示すように4つでもよい。透明ブロック821数が多くなるほど表示パネル21の視角が広くなり、また表示画像も明るくなる。また、(図124)の応用として(図151(b))のように構成すれば反射型のビューファインダを構成できる。

【0663】表示パネル21の構成等は(図124)と同様にする。ランプ11から放射された光はダイクロイックミラー533で色分離され、色分離された3原色光がそれぞれ異なった主光線の角度で表示パネル21に入射する(図152)。このように構成することにより、カラーフィルタを形成せずとも1枚の表示パネル21でカラー表示を実現できる。

【0664】なお、本発明のビューファインダの構成において、拡大レンズ824を除去すれば直視型表示装置としても適用できることは言うまでもない。つまり、本発明のビューファインダの構成はビューファインダに限定されるものではなく、一般的な表示装置としても用いてもよい。同様のことは(図79)(図114)等の投射型表示装置にも適用できる。投射レンズ797を除去し、表示パネル21の表示画像を直視観察できるように構成すれば、ビューファインダにもなるし、直視型の表示装置にもなる。

【0665】(図91)は本発明の表示パネル等をモニターとしてビデオカメラ本体912に用いた構成である。(図92)は(図91)の一部断面図である。(図92)にも示すように、カバー915aに表示パネルが取り付けられており、またカバー915bに放物面鏡9

21が取り付けられている。カバー915bと915aとは重ね合わせることができ、重ねた後、カメラ本体912の挿入部913に収納できるように構成されている。

【0666】放物面鏡921は反射型フレネルレンズで構成されている。もちろん曲率が緩い場合は、フレネルレンズ状とする必要はない。また、放物面鏡921および表示パネル21の角度は、支点914a, 914bを回転させることにより観察者が見やすい角度に調整できるように構成されている。

【0667】ビデオカメラ本体912には撮影レンズ911やビューファインダが取り付けられている。また、画像切り換えスイッチ935、モニター表示部936が取り付けあるいは、配置されている。これらについては後に説明をする。

【0668】発光素子11と放物面鏡921および表示パネル21の配置は(図94)のようになっている。つまり、放物面鏡921の焦点もしくはその近傍0点に発光素子11が配置されている。発光素子11から放射された光18aは放物面鏡921で略平行光18bに変換される。この変換された光18bで表示パネル21を照明する。観察者は表示画像が最も見やすくなるようにカバー915a, 915bの位置調整を行う。なお、(図90)等でも説明しているが、発光素子11は白色に限定されるものではない。フィールドシーケンシャル駆動の場合は、R, G, Bの3原色もしくはシアン(C), イエロー(Y), マゼンダ(M)の3色でもよいことは言うまでもない。

【0669】反射型フレネルレンズ921は、フレネルレンズの表面もしくは裏面に全層膜を蒸着したもの、他、金属板を研磨加工、あるいはプレス加工したものでもよい。

【0670】(図92)の構成にすれば容易に平行光を作成し、この平行光18bで表示パネル21を照明できる。白色LED11から放射された光は、凹面鏡で略平行光(なお、完全な平行光のみを意味するものではない)に変換される。平行光に変換された光を用いて、表示パネル21の斜め方向から照明する。また、必要に応じてフレネルレンズによるモアレの発生を防止するには拡散シートを光路中に配置する。

【0671】放物面鏡の焦点位置Oに発光素子11が配置されている。またフレネルレンズは3次元状のものでも2次元状のものでもよい。発光素子11が点光源の場合は、3次元状(同心円状)のものを採用する。発光素子11が蛍光管のように棒状の場合は、2次元状に凹凸が形成されたものを用いる。発光素子11から放射された光18aは放物面鏡921で平行光18bに変換される。変換された光18bは表示パネル21に角度 $\theta$ で入射する。この角度 $\theta$ は設計の問題であり、反射光18cが最も観察者に見やすいように(あるいは最も観察者の

目に到達しないように) される。

【0672】観察者はフタを支点914で可動させ、最も表示画像を見やすい位置に調整する。(図92)の実施例では2つの支点914a, 914bを有するため、照明光の方向等を容易に調整することができる。

【0673】表示パネル21を使用しない時はカバー915を表示パネル21の前面にあわせて閉め、支点914aを可動させて、(図92)に示す格納部に収納する。したがってコンパクト性を実現している。また、十分照明できる場合は、凹面鏡921は単なるミラーにおきかえてもよい。また、凹面鏡921またはミラーに色フィルタなどを配置または形成しておくことにより、凹面鏡またはミラーで表示パネルの照明光の色温度を最適な温度に設定する事ができる。

【0674】表示画像の表示画像のコントラストを最も良好に見えるように調整するには工夫がいる。なぜならば表示画像に映像表示した状態では映像の内容によって、良好に見える角度が異なるからである。たとえば黒っぽいシーンの画面ではどうしても黒を中心に表示パネル21の角度を調整してしまうし、白っぽいシーンの画面では白表示を中心に表示パネル21の角度を調整してしまう。しかし、映像がビデオ画像(動画)である場合、シーンはどんどん変化するからなかなか最適に調整することができない。

【0675】本発明はこの課題を解決するためモニター表示部936を設けたものである。(図91)は黒表示のモニター表示部936aと白表示のモニター表示部936bとを設けた一実施例である。ただし、必ず両方のモニター表示部936a, 936bが必要ではなく、必要に応じて一方だけでもよい。

【0676】モニター表示部936aは映像の黒表示を示す。モニター表示部936bは映像の白表示を示す。観察者は図81に示すように、モニター表示部936の黒表示と白表示とが最良となるように、カバー915等を調整して、表示画面を見る角度を調整する。

【0677】モニター表示部936は液晶層226の光変調状態を示している。つまり、表示パネル21の周辺部かつ液晶が充填された箇所にモニター表示部936が形成される。

【0678】黒表示のモニター表示部936aには、モニター電極が形成されており、たえず、対向電極225とモニター電極間の液晶層には交流電圧が印加されている。この交流電圧とは最も画像の黒表示となる電圧である。また、白表示のモニター表示部936bの液晶層226の部分には電極は形成されておらず、常時散乱状態である(白表示)。

【0679】観察者はこのA部(モニター表示部936a)とB部(モニター表示部936b)とを見ながら(白表示と黒表示とがベストになるように調整しながら)、表示画面の角度を調整する。したがって、表示画

面を見ずとも、容易にかつ最良に、表示画像の表示コントラストとなるように角度調整を行うことができる。

【0680】モニター表示部936は液晶層226を利用して構成するとしたが、これに限定するものはない。たとえば、モニター936aは透明基板の裏面に反射膜(反射板等)を形成または配置したものでもよい。つまり、疑似的に透明の液晶層226を作製するのである。これが黒表示を示すことになる。

【0681】また、モニター936bは拡散板(拡散シート)の裏面に反射膜(反射板等)を形成または配置したものでもよい。拡散板の散乱特性は液晶層226の特性と同等にする。これが白表示を示すことになる。また、単に反射板あるいは拡散板(シート)で代用することもできる。

【0682】以上のような疑似的に液晶層226と近似させたものを形成または配置することにより、モニター表示部936を構成できる。

【0683】なお、モニター表示部936は表示部と別個にモニター表示部専用のパネルを製造して用いてもよい。モニター表示部専用のパネルに黒表示936a, 白表示936bのうち少なくとも一方を形成する。この専用パネルを映像表示装置に組み込むもしくは取り付け

る。

【0684】また、表示パネル21が透過型表示パネルの場合は、この表示パネルの液晶層、もしくは疑似的なパネルを作製等したものをを用いればよいことは言うまでもない。また、モニター表示部936はドット状あるいは小面積のものに限定するものではなく、たとえば、モニター表示部936を額縁状に形成または作製し、表示領域の周辺部を取り囲むように配置してもよい。

【0685】モニター表示部936は表示パネル21がPD表示パネルの場合を主として説明したがこれに限定するものではなく、他の表示パネルの場合(STN液晶表示パネル、ECB表示パネル、DAP表示パネル、TN液晶表示パネル、強誘電液晶表示パネル、DSM(動的散乱モード)パネル、垂直配向(VA)モード表示パネル、IPSモード表示パネル、ゲストホスト表示パネルなど)にも適用することができる。また、これらの事項はEL表示パネル、LED表示パネル、プラズマアドレッシング表示パネル、FED表示パネル、PDP表示パネルにも適用できる。

【0686】たとえばTN液晶表示パネルでは、白表示と黒表示のうち少なくとも一方の表示モニター936を、実際にモニター用の液晶層を形成して、もしくは疑似的に液晶層と等価の表示モニター部936を形成する。反射電極が鏡面の場合も微小な凹凸が形成された場合も同様である。

【0687】モニター表示部936を配置する技術的思想は、表示パネル21が反射型の表示パネルを用いた映像表示装置に限定されるのではなく、透過型の表示パ

ネルを用いた映像表示装置にも適用することができる。白黒の表示状態をモニターするという概念では表示パネルが反射型であろうと透過型であろうと差異はないからである。

【0688】また、このモニター表示部936の技術的思想は表示パネルの表示画像を直接観察する表示装置だけでなく、ビューファインダ、投射型表示装置（プロジェクター）、携帯電話のモニター、携帯情報端末、ヘッドマウントディスプレイなどの映像表示装置、画像表示装置、キャラクタ表示装置、セグメント表示装置にも適用できることは言うまでもない。

【0689】以上の説明は表示パネルがノーマリホワイトモードの時であり、ノーマリブラックモードではこの逆にすればよい。

【0690】本体912には切り換えスイッチ（ターボスイッチ）935が取り付けられているターボスイッチ934はノーマリブラックモード表示（NB表示）とノーマリホワイトモード表示（NW表示）とを切り換える。これは表示パネル21として反射型の高分子分散液晶表示パネルを用いる場合に特に有効になる。

【0691】通常の明るさの外光の場合はNWモードで画像を表示する。NWモードは広視野角表示を実現できる。NBモードは非常に外光に弱い場合に用いる。NBモードでは液晶層が透明状態のとき画素電極に反射した光を直接観察者が見ることになるため、表示画像を明るく見ることができる。NBモードでは視野角は極端に狭い。しかし、外光が微弱な場合でも表示画像を良好に見ることができるのでパーソナルユースで使用し、かつ短時間の使用であれば実用上支障がない。一般的にNBモード表示は使用することが少ないため、通常はNW表示とし、ターボスイッチ934を押さえつけているときにのみNBモード表示となるように構成する。

【0692】（図91）の表示装置の特徴としてガンマ切り換えスイッチ935を装備している点がある。ガンマ切り換えスイッチ935はトグルスイッチであり、ガンマカーブを1タッチで切り換えできるようにしたものである。これは白熱電球の照明下では表示パネルに入射する入射光の色温度は4800K程度の赤みの白となり、昼光色の蛍光灯で7000k程度の青み白となり、また屋外では6500k程度の白となる。

【0693】したがって、（図91）の表示装置21を用いる場所によって表示パネルの表示画像の色が異なる。特にこの違和感は蛍光灯の照明下から白熱電球の照明下に移動した時に大きい。この時にガンマ切り換えスイッチ935を選択することにより色温度がすぐに変化し、正常に表示画像が見えるようにできる。

【0694】ガンマ切り換えスイッチ935は白熱電球の光で良好な白表示となるように赤のガンマカーブを液晶の透過率（変調率）が小さくなるようにしている。また、一度押すと、昼光色の蛍光灯に適用するように青の

透過率（変調率）を小さくなるようにしている。さらにもう一度押すと太陽光の下で最も良好な白表示となるようにしている。したがってユーザはガンマ切り換えスイッチ935を選択することによりどんな照明光のもとでも良好な表示画像が見られる。

【0695】観察者が画像を見る方向により白黒反転することを解決するために、表示パネル21に入力する映像信号を、NWモードとNBモードとを切り換える考え方もある。特にNBモードの時は視野角は狭いが、表示輝度は非常に明るくできる特徴があるので、セキュリティを必要とする携帯端末、情報機器等に有効である。

【0696】NWモードとNBモードの切り換えは映像信号処理がデジタル処理されている場合は、実現が容易である。NWでの画像データをビット反転させればNBの画像データとなるからである。したがって、NBモードで使用するときに、映像の白黒を反転させるのである。

【0697】ここで重要なのは観察者が自由にNBモードとNWモードとを切り換えられる点である。表示パネル21への光入射状態、表示パネル21の観察方向により最適に表示画像が見えるようにNBモードとNWモードとを切り換える。切り替えはユーザボタン934などのスイッチで行う。ユーザがボタン934を押している期間あるいはボタンを押してから一定の期間の間、NBモードの表示状態になるようにする。一定の期間はプログラムにより可変できるようにしておく。また、構成によってはボタンを押せばNWモードとなるように構成してもよい。

【0698】当然のことながら、観察者の眼の位置、入射光の方向をホトセンサ等で自動検出し、自動的にNWモードとNBモードとを切り換えてもよい。また、外光の強さを自動検出し、MWモードとNBモードとを切り換えてもよい。また、表示パネルの表示画面にモード切り換えのメッセージを表示し、ユーザへのマンインタフェースを良好にしても良い。

【0699】このことは表示パネルが反射であろうと透過であろうとどちらでも適用できる。また、PD表示パネルだけでなく、TN表示パネルのような他の自発光方式では、表示パネルあるいは表示装置にも適用できる。

【0700】（図91）はビデオカメラのモニターとして表示装置を取り付けた構成である。この構成に限定されず、（図93）のように携帯情報端末にも（図94）（図92）等の構成は適用できる。

【0701】（図93）において、ミラー921が取り付けられたカバー915には突起932が形成されており、この突起932を留め部933に挿入して固定するように構成されている。

【0702】（図95）は（図93）の断面図である。発光素子11から出射する光の指向性を強めるため、また、不必要な方向への光の放射を防止するためミラー1



44が発光素子11の近傍に形成されている。カバー915には金属からなる反射型のフレネルレンズが形成されている。発光素子11から放射される光18aはフレネルレンズ921で略平行光18bに変換され、表示パネル21に入射する。表示パネル21は入射光18bを散乱し、NWモードの時、この散乱光18dが観察者に観察され表示画像となる。液晶層が完全に透過状態の時、正反射した光18cとなる。なお、18bは平行光としたが、これに限定されるものではなく、収束光あるいは拡散光であってもよい。

【0703】表示パネル21が半透過仕様の場合は、表示パネル21の裏面にバックライト16を配置する。バックライト16と発光素子11と両方を点灯させることにより明るい表示画像が得られ、また、視角範囲も拡大される。なお、本発明の表示パネル21が空気と接する面には反射防止膜を形成している。また、発光素子11を点滅動作させることにより容易に表示画面の輝度調整を行うことができる。

【0704】(図96)は(図95)において、発光素子11が点光源(小光源)の場合である。発光素子11から放射された光は3次元状の放物面(凹面)鏡921aで略平行光に変換される。(図97)のように光源が蛍光管のように線状光源の場合は2次元状の放物面鏡921bを用いれば、略平行光の光18bを形成できる。

【0705】(図92)(図93)等では放物面鏡921は1つとしたが、(図98)のように複数としてもよい。(図98)においては、放物面鏡921aの焦点位置近傍に発光素子11aを配置し、放物面鏡921bの焦点位置近傍に発光素子11bを配置するのが基本であるが、これに限定するものではない。また、放物面鏡921aと921bが表示パネル21の表示画面を1/2ずつ分担する構成でもよく、921aの照明領域と921bの照明領域とを重ねてもよい(つまり、表示パネルの全域を双方の放物面鏡921a、921bで照明する)。放物面鏡921aと921bとの焦点距離と発光素子11の位置を適正に設計することにより容易に対応できる。

【0706】なお、(図98)の構成では発光素子11から出射される光の指向性を高めるために、出射側にレンズ795を配置している。また、放物面鏡921は曲面を有する放物面鏡のように図示しているが、(図95(b))のようにフレネル化して平面状に構成してもよい。

【0707】発光素子11aと11bは双方とも常時点灯してもよいが、交互に点滅動作させてもよい。点滅周期は少なくとも30Hz以上とする。30Hz以上ではフリッカが発生するからである。

【0708】(図99)は1つの発光素子11から放射される光を偏光分離して、表示パネル21を照明する構成である。(図98)の発光素子11a、11bの部分

を(図99)の構成におきかえればよい。

【0709】(図99)において、発光素子11から放射された光18はPBS871の光分離面872で分離され、P偏光18bは直進してフィールドレンズ795bに入射する。一方、反射したS偏光18aはリレーレンズ991で光路調整された後、ミラー892で反射され、 $\lambda/2$ 板893でP偏光に変換されてフィールドレンズ795aに入射する。後の動作は(図98)と同様である。

【0710】(図99)の構成ではP偏光で表示パネル21を照明できる。偏光で照明する場合は、特に表示パネル21の出入射面に偏光板を配置することが好ましい。P偏光が良好に透過するように偏光板(フィルム)の偏光軸を一致させておく。また、偏光板を用いる場合でも、その表面に反射防止膜を形成しておくことが好ましいことは言うまでもない。その他、光入射面に微小な凹凸を形成してもよい。たとえばエンボス加工である。エンボス加工は表示パネル21上に樹脂を形成し、転写技術により形成する方式、エンボス加工を施したシートをはりつける方式、表示パネルの表面を化学的にあるいは機械的に凹凸を生じさせる方式のいずれでもよい。

【0711】また、(図92)(図98)等の表示装置においても、R、G、B等の3原色の発光素子を配置し、これらを順次、点滅させることによりフィールドシーケンシャル表示を実現してもよいことは言うまでもない。この際の構成については、(図87)(図90)で説明しているので省略する。

【0712】なお、省略すると記載しなくとも、本明細書中で記載している事項はたとえ説明がなくとも、また図示されていなくとも、相互に適用できることは言うまでもない。1つの明細書中に記載した事項で、単に1つずつの構成について細部まで記載していないだけだからである。

【0713】また、類似構成も採用できる。たとえば、本発明ではバックライトとしてELバックライトを用いることができるとしている。たとえば(図39)において21bをストライプ状もしくはマトリクス状に各部を点灯(消灯)できるELバックライトに置きかえてもよい。同様に(図40)において226bをEL発光層に置きかえてもよい。さらには、(図39)において、226bをEL発光層とし、222bを削除した構成でもよい。つまり、アレイ基板221もしくは対向基板222aと走査基板392間に挟持されたEL発光層を形成するのである。たとえば液晶表示パネル21aを作製し、一方、EL発光層と走査電極を形成した走査基板392を作製した後、この走査基板392と液晶表示パネル21aとをはりあわせる構成が例示される。はりあわせを良好にするため、走査基板392と表示パネル21aの周辺部には位置あわせマーカを形成しておく。位置あわせマーカは、TFT241の形成工程、EL素子の

形成工程と同時に形成するとよい。なお、EL発光層は水銀イオンが蛍光体と作用し、可視光を発生する蛍光発光素子あるいは蛍光発光層に置きかえてもよい。その他、面状もしくは点状のLED形成層、レーザ発生層に置きかえてもよい。

【0714】なお、(図79)(図114)の投射型表示装置において、ランプ791を点滅動作させること、(図82)(図87)(図88)等のビューファインダにおいて発光素子11を点滅動作させること、(図91)(図93)(図98)等の表示装置等において発光素子11を点灯動作させることにより、画像表示状態と黒表示状態とを切り換えることができる。

【0715】これは以前に説明したバックライト16を点滅させること、走査電極393を操作することによる画像表示と黒表示の実現と同じである。したがって、これらの本発明のビューファインダ等の表示装置でも動画ボケを大幅に改善できる。したがって、(図1)～(図78)等を用いて説明してきた駆動方法、点滅周期、回路構成などは(図79)以後の本発明の表示装置にも適用できる(適用すべきである)ことは言うまでもない。

【0716】特に(図98)の構成では、表示パネル21の画面の上部と下部とを交互に黒表示/画像表示状態にすることを容易に実現できることは明らかである。なお、(図98)において発光素子は2つとしたがこれに限定するものではなく、3個以上でもよく、これら3個以上の発光素子11を順次点滅させることにより、表示パネル21の画像表示位置を順次選択できることは言うまでもない。

【0717】以上は表示パネル21の表示領域が20インチ以下と比較的小型の場合であるが、30インチ以上と大型となると表示画面がたわみやすい。その対策のため、本発明では(図100)に示すように表示パネル21に外枠1001をつけ、外枠1001をつりさげられるように固定部材1002を取り付けている。この固定部材1002を用いて(図101)に示すようにネジ1012等で壁1011に取り付ける。

【0718】しかし、表示パネル21のサイズが大きくなると重量も重たくなる。そのため、表示パネル21の下側に脚取り付け部1004を配置し、複数の脚で表示パネル21の重量を保持できるようにしている。

【0719】脚はAに示すように左右に移動でき、また脚1003はBに示すように収縮できるように構成されている。そのため、狭い場所であっても表示装置を容易に設置することができる。なお、1542はチャンネル切り換え信号、ガンマ切り換え信号等を受信するリモコン受信部である。

【0720】また、(図102(a))に示すように表示パネル21の表面に軟質の凸部材1021を取り付けることが好ましい。凸部材1021は軟質フェノール樹脂、シリコンゴム、軟質エポキシ樹脂、プロポリピレン

樹脂など、またこれらの複合物で形成される。これらは表示パネル21の表面を保護するとともに、人の手等による押圧で液晶層226が破壊されることを防止する。また、表示パネル21の破損もしくは万が一に表示パネルが割れたときに飛び散ることを防止する。また、表面を透明の凸曲面とすることにより、視角を広げる作用もある。

【0721】なお、好ましくは表面にエンボス加工を行うことが好ましく、紫外線から保護するために紫外線カット膜を取りつけるあるいは形成しておくことが好ましい。また、凸部材1021に少量の黒色もしくは青色の色素、もしくは染料を添加しておくことにより、表示パネル21の表示画像にコントラスト感がでる。また、少量の光拡散材を添加してもよい。このことは(図102(b))においても同様である。

【0722】他の構成として(図102(b))に示すように、凸カバー1022にシリコンゲルなどのゲル、エチレングリコールなどの液体を充填する構成も有効である(光結合層126)。比較的軽量であり、また価格もやすく、形成作製も容易だからである。凸カバー1022はポリエステル樹脂などで形成することが好ましい。また、凸カバー1022の表面には反射防止膜を形成する。

【0723】なお、(図102)において1021は凸状としたが、これに限定するものではない。たとえば平面状でもよく、場合によっては凹面状でもよい。その他の凹面の構成体と凸状の構成体とを組み合わせてもよい。また、凸カバー1022として偏光フィルムを用いてもよいし、(図102(a))で説明したように光結合層126中に黒色等の染料、色素等を添加したり、もしくはカバー1022に添加してもよい。また、(図102)において凸部材は三次元(レンズ状)にしても、二次元状(カマボコ状)のいずれでもよい。なお、凸部材1021は完全に液晶表示パネル21と密着させることに限定するものではない。一定の空気ギャップを設けてもよいことは言うまでもない。なお、凸部材1021などは凸形状に限定するものではなく、凹形状でもよい。また、凹形状と凸形状とを近接させて配置することにより、正のパワーと負のパワーとを打ち消しあい、見かけ上、平板状のパワー(レンズ効果なし)としてもよい。

【0724】(図100)のような構成でテレビを構成する場合は、(図154)に示すように折りたたむようにしておくことが好ましい。(図154(a))では、平面スピーカ1541は本体1001bに取り付けられ、表示パネル21は本体1001aに取り付けられている。本体1001aと1001bとは(図154(b))に示すように回転部914により折りたたむことができる。このように構成すればスピーカ部が表示パネル21の保護カバーとなる。

【0725】表示パネル21が大型になるとコストが高



くなる。この課題に対応するためアレイ基板221にアモルファスシリコン薄膜を蒸着し、この薄膜をエキシマレーザ等を用いてアニールすることによりポリシリコン膜を形成する低温ポリシリコン技術の開発が盛んである。エキシマレーザ等は住友重機械工業等が開発しているが、そのほとんどの装置はスリット状にレーザビームをひきのばし、基板は照射かつ移動させるものである。課題はこのスリット状にしたスリットの長さである。通常は20～30 (cm) 程度である。そのため、このスリット長さにより作成できる表示パネル21のサイズが決定されてしまう。スリットの継ぎ目部の半導体特性が悪くなり、素子として機能しないためである。

【0726】エキシマレーザアニールによる半導体膜形成は低コストにできるメリットがあるが、画素のTFT等、特性が悪くともよい部分まで、周辺ドライバと同時に形成してしまう必要があるという課題がある。この課題のため、製造スループット(タクト)を向上できない。

【0727】本発明の表示パネルの製造方法はこの課題に対処するため、周辺ドライバ回路を分割して形成し、また画素のTFT等の半導体膜は必要な箇所のみスポット状にアニールするものである。

【0728】(図103)は本発明の表示パネルおよびその製造方法と製造装置を説明するための説明図である。(図103)では説明を容易にするため1枚のガラス基板1032に4つのアレイ基板221a, 221b, 221c, 221dを作製する場合について説明する。

【0729】斜線部はエキシマレーザヘッド1031を示している。説明に必要なものはレーザヘッドではなく、スリット状ビーム幅 $L_1$ である。今、説明を容易にするため表示画面107aの縦幅がビーム幅 $L_1$ であるとして説明する。また表示画面の横幅は $L_1$ よりも大きく、かつ必要なソースドライバ102の全長は $L_1$ よりも大きい $L_2$ であるとして説明する。

【0730】1枚のガラス基板1032をレーザアニールしようすると1031c, 1031d, 1031eに示すように、少なくとも3回レーザヘッドを走査しなければ全表示領域をアニールできない。しかし、レーザヘッド1031を走査するとそのつぎ目、たとえばレーザヘッド1031cと1031d間の半導体は特性が悪くなる。この課題に対処するため、本発明はレーザヘッド1031のつぎ目箇所にはトランジスタ素子を形成せず、ソースドライバ102aと102b, 102cと102dというように分割している。

【0731】分割した状態を(図104)に示す。(図104)において点線で囲った範囲がシフトレジスタ、ドライバ回路、インバータ、アナログスイッチ、トランスファゲート(TG)などの半導体素子トランジスタ素子が形成された領域である。アレイ基板221aは2つ

のソースドライバ回路群102aと102bから構成されている。(図104)からも明らかなようにつぎ目となるAの範囲には半導体素子は形成されていない。形成されているのはA1等のメタル配線のみである。

【0732】つまり、Aの範囲には(図104)に示すように電源配線1041, 制御信号線1042等を形成し、スイッチング素子等の半導体素子を形成しない。このAの範囲はレーザヘッド1031(つまり、1スキャンする幅)の間に該当し、半導体の特性が悪くなり、良好な半導体素子を形成できないためである。Aの範囲(幅)はエキシマレーザ等のアニール手段の特性によるが、通常20 $\mu$ mから100 $\mu$ m程度である。

【0733】以上のように本発明の表示パネルではあらかじめレーザヘッドの間に位置する箇所にドライバ素子の半導体素子を形成しないことを特徴としている。

【0734】Aの範囲には半導体素子を形成しないで、この範囲に本来形成(構成)すべき半導体素子は $S_1$ の部分に形成する。そのためAの近傍のドライバ回路は点線に示すように $S_1$ の部分だけ幅が広い範囲に形成されている。Aの範囲間にある画素電極230にはソース信号線228(228e, 228f, 228g, 228h等)を配線する必要がある。そのため、ソース信号線228は(図104)に示すように放射状に形成している。

【0735】(図103)に示すようにレーザヘッドは、まず1031aの位置に位置決めされ、ゲートドライバ101aのアモルファスシリコン膜にレーザ光を照射し、レーザアニールすることによりポリシリコン膜を形成する。次にゲートドライバ101bを形成する箇所に移動し、アモルファスシリコン膜にレーザ光を照射し、レーザアニールする。その後、レーザヘッドは1031bの位置に移動し、ゲートドライバ101c位置にレーザ光を照射して、レーザアニールを行い、またゲートドライバ101d位置にレーザ光を照射して、レーザアニールを行う。

【0736】ソースドライバの箇所も同様にレーザヘッドを1031cの位置に移動し、ソースドライバ102aの形成位置にレーザ光を照射し、その後、102e位置、102bおよび102c位置、102fおよび102g位置、102d位置、102h位置に移動してレーザアニールを行い、ポリシリコン膜を形成する。

【0737】なお、本発明はソースドライバ回路もしくはゲートドライバ回路等の従来、連続して形成していた半導体素子をレーザヘッドの幅等の装置の規制により分割することを特徴とするものである。したがって、レーザヘッドを1031c位置から移動し、102a位置、表示領域107aの半導体膜を完成した後、連続して102e位置に半導体膜を形成してもよいことは言うまでもない。次のスキャンは1031d位置から開始する。

【0738】表示領域107は(図105)に示すよう

にスイッチング素子および画素電極230が形成されている。このうち半導体膜の形成が必要な箇所はゲート端子242部のみである。つまり、画素コンタクトホール1052、ドレイン端子244、ソース端子243、ソース信号線228、ゲート信号線415の箇所にはレーザアニールする必要はない。

【0739】そこでTFT等のスイッチング素子を形成する位置にのみ、(図106)に示すようにレーザ光をスポット状に照射してレーザアニールを行う。レーザスポット1061a~fは5(μm)~30(μm)ピッチで少しずつしながら、さらに好ましくは5(μm)~15(μm)ピッチでレーザスポットを重ねることにより良好な半導体膜が形成される。このレーザスポット1061位置上にTFT等を形成する。

【0740】スポット状のレーザ光は(図108)に示すように、レーザ光1081をポリゴンミラー1082に照射し、第1レンズ1083および第2レンズ1084を用いてガラス基板1032に照射する。一度の位置決めで照射できる範囲Wは30(cm)程度である。この範囲外の箇所はレーザヘッドを移動し、位置決めを再度行い、照射する。

【0741】スリット状のレーザ光を照射する装置の概要は(図109)に示す。レーザ光1081をレーザミラー1091a, 1091b, 1091cで反射しながら結像光学系1093に導く。結像光学系1093は(図109)に示すようにスリット状ビーム1092を形成し、このビーム1092をガラス基板1032に照射してレーザアニールを行う。なお、この光学系においてホモジナイザを用いるとよい。

【0742】(図110)に示すように(図109)の光学系にスリット1101を配置してもよい。スリット1101は画素ピッチにあわせて形成されたレーザ光射出穴1102が形成されている。このスリットを表示領域107に順次移動させることにより、(図108)に示すようなポリゴンミラー1082を用いずとも一度に一画素行に該当する範囲の画素TFTの箇所にレーザ光を照射できる。したがって、高速にレーザアニールを行うことができる。

【0743】(図107)に示すように第1ステージ(第1工程)で、まずガラス基板1032のマーカ1071を画像処理することにより位置検出を行い、ガラス基板1032の位置決めを行う。マーカ1071はアレイ形成プロセスに形成したものである。位置決め行レーザヘッド1031a, 1031cを操作し、必要箇所をレーザアニールする。なお、レーザヘッド1031は1つで行っても、また複数用いてもよい。

【0744】次に第2ステージ(第2工程)でもマーカ1071により位置決めを行い、今度は(図108)に示すポリゴンミラー1082を用いた光学系により、TFTを形成する箇所のレーザアニールを行う。なお、第

1工程と第2工程とをいれかえてもよく、また第1工程と第2工程とを同時で(同一工程で)行ってもよい。

【0745】TFTの移動度は小さくてよいから、表示領域107のTFT領域はレーザアニールをする必要がない場合は、ポリゴンミラーからなる光学系は使用する必要はない。つまり、ソースドライバ102、ゲートドライバ101の部分はレーザアニールをおこないポリシリコン化して移動度を増大させ、表示領域107はアモルファス状態のままでTFTを形成するのである。この方式であれば、アニール工程が短時間で済み、製造タクトを向上させることができる。

【0746】なお、本発明の実施例ではレーザによりアニールするとしたが、これに限定するものではなく半導体層をこそう成長させる方式でもよい。この場合は、ドライバを形成する箇所を重点的にこそう成長プロセスを施せばよい。

【0747】本発明の表示パネル、表示装置において対向基板222、アレイ基板221はガラス基板、透明セラミック基板、樹脂基板、単結晶シリコン基板、金属基板などの基板を用いるように主として説明してきた。しかし、対向基板222、アレイ基板221は樹脂フィルムなどのフィルムあるいはシートを用いてもよい。

【0748】たとえば、ポリイミド、PVA、架橋ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステルシートなどが例示される。また、特開平2-317222号公報のようにPD液晶の場合は、液晶層に直接対向電極あるいはTFTを形成してもよい。つまり、アレイ基板または対向基板は構成上必要がない。また、日立製作所が開発しているIPSモード(櫛電極方式)の場合は、対向基板には対向電極は必要がない。

【0749】光変調層226は液晶だけに限定するものではなく、厚み約100ミクロンの9/65/35PLZTあるいは6/65/35PLZTでもよい。また、光変調層226に蛍光体を添加したもの、液晶中にポリマーボール、金属ボールなどを添加したものなどでもよい。

【0750】なお、225、230などの透明電極はITOとして説明したが、これに限定するものではなく、例えばSnO<sub>2</sub>、インジウム、酸化インジウムなどの透明電極でもよい。また、金などの金属薄膜を薄く蒸着したものを採用することもできる。また、有機導電膜、超微粒子分散インキあるいはTORAYが商品化している透明導電性コーティング材「シントロン」などを用いてもよい。

【0751】光吸収膜146等は、アクリル樹脂などにカーボンなどを添加したもの、六価クロムなどの黒色の金属、塗料、表面に微細な凹凸を形成した薄膜あるいは厚膜もしくは部材、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、オパールガラスなどの光拡散物でもよい。また、黒色でなくとも光変調層226が変調

する光に対して補色の関係のある染料、顔料などで着色されたものでもよい。また、ホログラムあるいは回折格子でもよい。

【0752】本発明の実施例では画素電極ごとにTFT、MIM、薄膜ダイオード(TFD)などのスイッチング素子を配置したアクティブマトリックス型として説明してきた。このアクティブマトリックス型もしくはドットマトリックス型とは液晶表示パネルの他、微小ミラーも角度の変化により画像を表示するTI社が開発しているDMD(DLP)も含まれる。

【0753】また、TFTなどのスイッチング素子は1画素に1個に限定するものではなく、複数個接続してもよい。また、TFTはLDD(ロー・ドーピング・ドレイン)構造を採用することが好ましい。

【0754】本発明の各実施例の技術的思想は、液晶表示パネル他、EL表示パネル、LED表示パネル、FED(フィールドエミッションディスプレイ)表示パネル、PDPにも適用することができる。また、アクティブマトリックス型に限定するものではなく、単純マトリックス型でもよい。単純マトリックス型でもその交点が画素(電極)がありドットマトリックス型表示パネルと見なすことができる。もちろん、単純マトリックスパネルの反射型も本発明の技術的範ちゅうである。その他、8セグメントなどの単純な記号、キャラクタ、シンボルなどを表示する表示パネルにも適用することができることは言うまでもない。これらセグメント電極も画素電極の1つである。

【0755】プラズマアドレス型表示パネルにも本発明の技術的思想は適用できることは言うまでもない。その他、具体的に画素がない光書き込み型表示パネル、熱書き込み型表示パネル、レーザ書き込み型表示パネルにも本発明の技術的思想は適用できる。また、これらを用いた投射型表示装置も構成できるであろう。

【0756】画素の構造も共通電極方式、前段ゲート電極方式のいずれでもよい。その他、画素行(横方向)に沿ってアレイ基板221にITOからなるストライプ状の電極を形成し、画素電極230と前記ストライプ状電極間に蓄積容量を形成してもよい。このように蓄積容量を形成することにより結果的に液晶層226に並列のコンデンサを形成することになり、画素の電圧保持率を向上することができる。低温ポリシリコン、高温ポリシリコンなどで形成したTFT271はオフ電流が大きい。したがって、このストライプ状電極を形成することは極めて有効である。

【0757】また、表示パネルのモード(モードと方式などを区別せずに記載)は、PDモードの他、STNモード、ECBモード、DAPモード、TNモード、強誘電液晶モード、DSM(動的散乱モード)、垂直配向モード、ゲストホストモード、ホメオトロピックモード、スメクチックモード、コレステリックモードなどにも適

用することができる。

【0758】本発明の表示パネル/表示装置は、PD液晶表示パネル/PD液晶表示装置に限定するものではなく、TN液晶、STN液晶、コレステリック液晶、DAP液晶、ECB液晶モード、IPS方式、強誘電液晶、反強誘電、OCBなどの他の液晶でもよい。その他、PLZT、エレクトロクロミズム、エレクトロルミネッセンス、LEDディスプレイ、ELディスプレイ、プラズマディスプレイ(PDP)、プラズマドレッシングのような方式でもよい。

【0759】また、本発明の技術的思想はビデオカメラ、液晶プロジェクター、立体テレビ、プロジェクションテレビ、ビューファインダ、携帯電話のモニター、PHS、携帯情報端末およびそのモニター、デジタルカメラおよびそのモニター、電子写真システム、ヘッドマウントディスプレイ、直視モニターディスプレイ、ノートパーソナルコンピュータ、ビデオカメラのモニター、電子スチルカメラのモニター、現金自動引き出し機のモニター、公衆電話のモニター、テレビ電話のモニター、パーソナルコンピュータモニター、液晶腕時計およびその表示部、家庭電器機器の液晶表示モニター、据え置き時計の時刻表示部、ポケットゲーム機器およびそのモニター、表示パネル用バックライトなどにも適用あるいは応用展開できることは言うまでもない。

【0760】また、本発明の照明装置は、その全部又は一部の手段の全部又は一部の機能をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび/またはデータを記録したプログラム記録媒体であって、コンピュータにより読み取り可能であり、読み取られた前記プログラムおよび/またはデータが前記コンピュータと協働して前記機能を実行することを特徴とするプログラム記録媒体として用いてもよい。

【0761】また、本発明の映像表示装置は、その全部又は一部の手段の全部又は一部の機能をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび/またはデータを記録したプログラム記録媒体であって、コンピュータにより読み取り可能であり、読み取られた前記プログラムおよび/またはデータが前記コンピュータと協働して前記機能を実行することを特徴とするプログラム記録媒体として用いてもよい。

【0762】また、本発明の映像表示装置の駆動方法は、その全部又は一部の工程の全部又は一部の動作をコンピュータにより実行させるためのプログラムおよび/またはデータを記録したプログラム記録媒体であって、コンピュータにより読み取り可能であり、読み取られた前記プログラムおよび/またはデータが前記コンピュータと協働して前記機能を実行することを特徴とするプログラム記録媒体として用いてもよい。

【0763】また、本発明の液晶表示パネルの駆動方法は、その全部又は一部の工程の全部又は一部の動作をコ

ンピュータにより実行させるためのプログラムおよび／またはデータを記録したプログラム記録媒体であって、コンピュータにより読み取り可能であり、読み取られた前記プログラムおよび／またはデータが前記コンピュータと協働して前記機能を実行することを特徴とするプログラム記録媒体として用いてもよい。

【０７６４】

【発明の効果】以上説明したところから明らかなように、本発明は、動画ボケの改善、低コスト化、高輝度化等のそれぞれの構成に応じて特徴ある効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の照明装置の説明図である。

【図２】本発明の照明装置の断面図である。

【図３】本発明の照明装置の説明図である。

【図４】本発明の照明装置の説明図である。

【図５】本発明の照明装置の説明図である。

【図６】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図７】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図８】本発明の照明装置の駆動方法の説明図である。

【図９】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図１０】本発明の表示装置の駆動回路の説明図である。

【図１１】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図１２】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図１３】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図１４】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図１５】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図１６】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図１７】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図１８】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図１９】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図２０】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図２１】本発明の他の実施例における照明装置の説明図である。

【図２２】本発明の液晶表示パネルの断面図である。

【図２３】本発明の液晶表示パネルの断面図である。

【図２４】本発明の液晶表示パネルの断面図である。

【図２５】本発明の液晶表示パネルの説明図である。

【図２６】本発明の液晶表示パネルの等価回路図である。

【図２７】本発明の液晶表示パネルの断面図および等価回路図である。

【図２８】本発明の液晶表示パネルの説明図である。

【図２９】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図３０】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図３１】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図３２】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図３３】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図３４】本発明の表示装置の説明図である。

【図３５】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図３６】本発明の表示装置の説明図である。

【図３７】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図３８】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図３９】本発明の表示装置の説明図である。

【図４０】本発明の表示装置の説明図である。

【図４１】本発明の表示装置の説明図である。

【図４２】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図４３】本発明の表示装置の説明図である。

【図４４】本発明の表示装置の説明図である。

【図４５】本発明の表示装置の説明図である。

【図４６】本発明の表示装置の説明図である。

【図４７】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図４８】本発明の表示装置の説明図である。

【図４９】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図５０】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図５１】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図５２】本発明の液晶表示パネルの説明図である。

【図５３】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図５４】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図５５】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。

【図５６】本発明の表示装置の駆動方法の説明図である。



【図１３９】本発明の表示装置の説明図である。

【図１４０】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１４１】本発明の照明装置の説明図である。

【図１４２】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１４３】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１４４】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１４５】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１４６】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１４７】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１４８】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１４９】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１５０】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１５１】（ａ）本発明のビューファインダの説明図である。

（ｂ）本発明のビューファインダの説明図である。

【図１５２】本発明のビューファインダの説明図である。

【図１５３】本発明の表示パネルの説明図である。

【図１５４】本発明のテレビの説明図である。

【図１５５】本発明の表示パネルの駆動方法の説明図である。

【符号の説明】

１１ （白色）ＬＥＤ（発光素子）

１２ ＬＥＤアレイ（発光素子アレイ）

１４ 導光板（導光部材）

１５ 反射板（反射部材、反射膜）

１６ バックライト（照明装置）

１８ 光線（光束）

２１ 液晶表示パネル（ライトバルブ）

２２ 拡散シート（拡散板）

２３ プリズムシート（レンズシート）

３１ 光拡散部

４１ 光拡散ドット

５１ 反射膜（または光拡散部材）

６１ 反射膜

６２ 中空部（ゲルまたは液体）

７１ ファイバー

７２ 接着剤

８１ 非点灯部

８２ 点灯部（光束放射部）

１０１ ゲートドライバ（回路）

１０２ ソースドライバ（回路）

１０３ ドライバコントローラ

１０４ ＬＥＤドライバ（発光素子ドライバ）

１０５ バックライトコントローラ

１０６ 映像信号処理回路

１０７ 画像表示部

１０８ 切り換えスイッチ

１２１  $\lambda/4$ 板（ $\lambda/4$ フィルム）

１２６ 光結合材（オプティカルカップリング材）

１４１ 蛍光管（発光管、ライン状発光素子）

１４２ 軸

１４３ モーター

１４４ 反射板（反射面鏡）

１４５ 光出射部

１４６ 遮光部（遮光部材）

１７１ 光拡散材

１７２ 電極パターン

１７３ 端子電極

１８１ 突起（凸部）

１８２ ボンド線（接続部）

２２１ アレイ基板

２２２ 対向基板

２２３ カラーフィルタ

２２４ ブラックマトリックス（ＢＭ）

２２５ 対向電極

２２６ 液晶層（光変調層）

２２７ 平滑層（レベリング膜／平坦化膜／平滑膜／平滑化膜）

２２８ ソース信号線

２２９ 反射防止膜

２３０ 画素電極（画素）

２４１ 薄膜トランジスタ（スイッチング素子）

２４２ ゲート端子

２４３ ソース端子

２４４ ドレイン端子

２４５ 接続部

２４６ 誘電体膜

２４７ 付加容量電極（蓄積容量電極）

２６１ ゲート信号線

２６２ 付加容量（蓄積容量）

２７１ 配向膜（絶縁膜）

２７２ 開口部（光透過部）

２７３ 反射膜

２７４ 共通電極

２８１ 画素

３９２ 走査基板

３９３ 走査電極

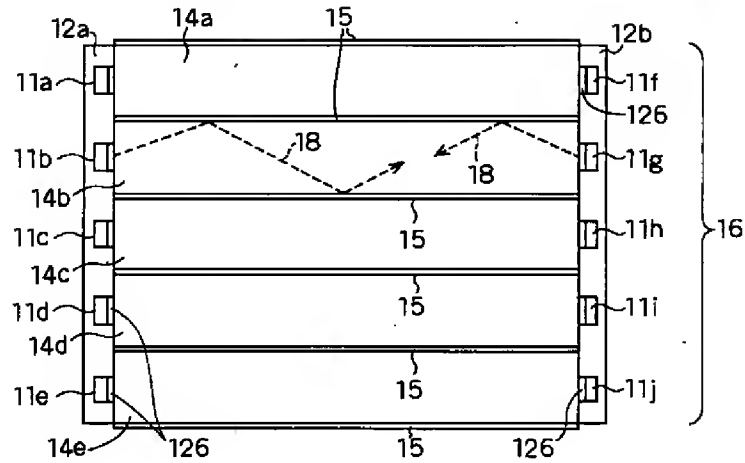
４１１ 走査ドライバ

４８１ 映像信号制御部

4 8 2	データ格納部	9 1 4	回転軸
4 8 3	演算処理部	9 1 5	カバー
4 8 4	切り換え部	9 2 1	反射フレネルレンズ（反射型放物面鏡）
4 8 5	メモリ	9 3 1	本体
5 7 1	パルス発生回路	9 3 2	突起
6 4 1	封止樹脂	9 3 3	留め部
6 4 2	導電ペースト	9 3 5	切り換えスイッチ
6 4 3	配線パターン	9 3 6	モニター表示部
6 4 4	電極端子（突起電極）	1 0 0 1	外枠
6 8 1	OR回路	1 0 0 2	固定部材
6 8 2	シフトレジスタ	1 0 0 3	脚
6 8 3	アナログスイッチ	1 0 0 4	脚取り付け部
7 1 1	リセット信号線	1 0 1 1	壁
7 2 1	リセットドライバ	1 0 1 2	固定金具
7 6 1	乗算器	1 0 2 1	凸部材
7 6 2	演算処理回路	1 0 3 1	エキシマレーザヘッド位置
7 8 1	ホトセンサ	1 0 3 2	ガラス基板
7 8 2	検出器	1 0 4 1	電源配線
7 9 1	ランプ	1 0 4 2	信号線
7 9 2	凹面鏡（放物面鏡、楕円面鏡）	1 0 5 1	絶縁膜
7 9 3	反射防止基板	1 0 5 2	コンタクトホール
7 9 4	回転フィルタ	1 0 6 1	レーザスポット
7 9 5	フィールドレンズ	1 0 7 1	マーカ
7 9 6	色補正フィルタ	1 0 8 1	レーザ光
7 9 7	投射レンズ（投射光学系）	1 0 8 2	ポリゴンミラー
8 0 1	圧力・純度センサ	1 0 8 3	第1 レンズ
8 0 2	円盤	1 0 8 4	第2 レンズ
8 0 3	透過窓	1 0 9 1	ミラー
8 0 4	筐体	1 0 9 2	スリット状ビーム
8 0 5	放熱板（ペルチェ素子）	1 0 9 3	結像光学系
8 2 1	透明ブロック	1 1 0 1	スリット
8 2 2	筐体（ボディー）	1 1 0 2	出射穴
8 2 3	接眼リング	1 1 1 1	反射防止基板
8 2 4	拡大レンズ	1 1 1 2	マイクロレンズアレイ
8 2 5	接眼カバー（アイキャップ）	1 1 4 1	ダイクロイックプリズム
8 2 6	観察者の眼（の位置）	1 1 4 2	透明基板
8 3 1	反射膜	1 1 4 3	UVIRカットフィルタ
8 3 2	遮光体	1 1 5 1	レジスト
8 3 3	フレキシブル基板（プリント基板）	1 2 0 1	ケース
8 3 4	光出射領域	1 2 0 2	スペーサ
8 4 2	放物面鏡（凹面鏡）	1 2 0 3	冷却液
8 7 1	偏光ビームスプリッタ（ダイクロイックミラー、ダイクロイックプリズム）	1 2 3 1	色フィルタ
8 7 2	光分離面	1 2 7 1	低融点ガラス（透明樹脂）
8 9 1	インテグレートレンズ	1 3 5 1	空気ギャップ
8 9 2	ミラー（光反射膜、ビームスプリッタ）	1 3 8 1	ビーズ（ファイバー）
8 9 3	$\lambda/2$ 板（位相フィルム）	1 3 8 2	低屈折材料（部）
9 1 1	撮影レンズ	1 3 8 3	高屈折材料（部）
9 1 2	ビデオカメラ本体	1 4 1 1	保持部
9 1 3	格納部	1 5 3 1	反射膜
		1 5 4 1	スピーカ

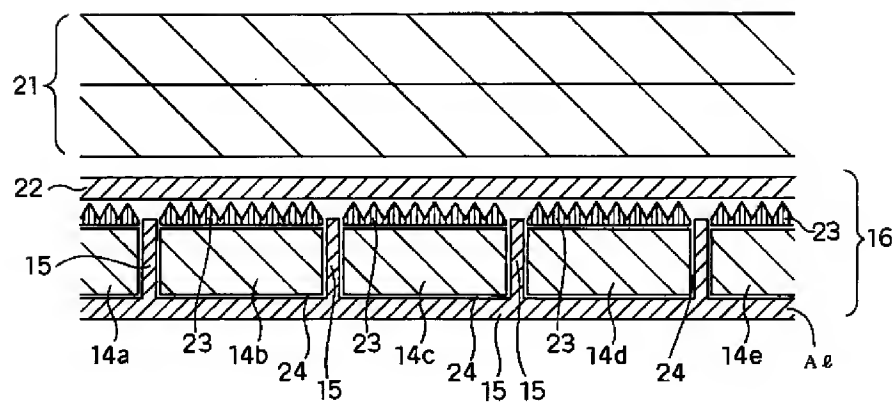
【図1】

- |                     |                     |            |
|---------------------|---------------------|------------|
| 11: (白色) LED (発光素子) | 14: 導光板 (導光部材)      | 16: バックライト |
| 12: LEDアレイ          | 15: 反射板 (反射部材, 反射膜) | 18: 光線 (光) |



【図2】

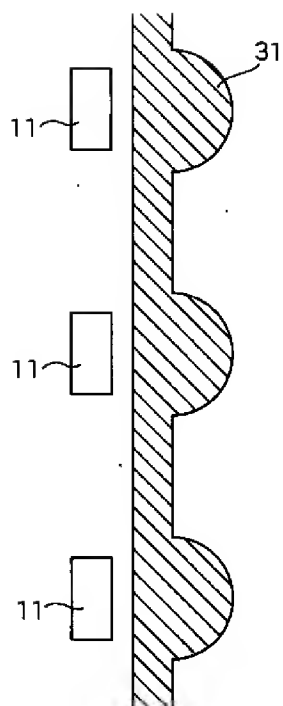
- |                 |
|-----------------|
| 21: 液晶表示パネル     |
| 22: 拡散シート (拡散板) |
| 23: プリズムシート     |
| 24: 凹部          |





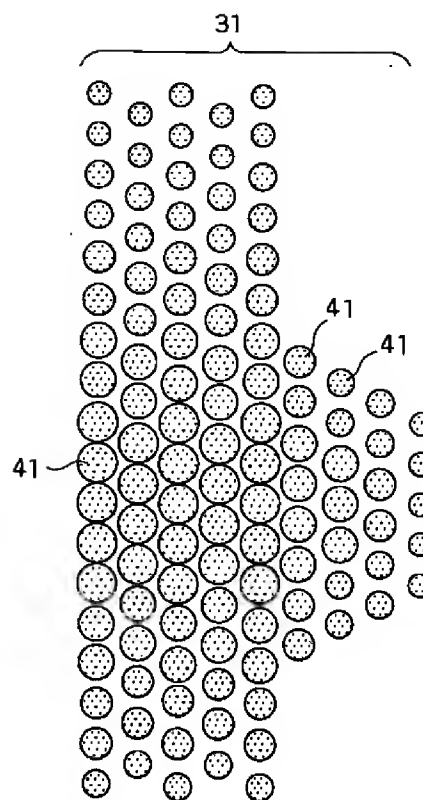
【図3】

31：光拡散部



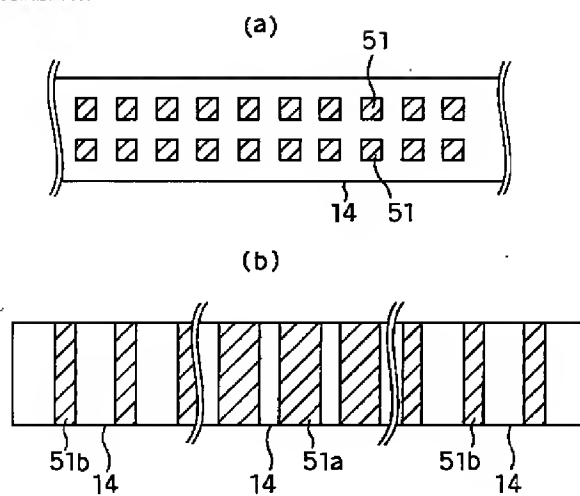
【図4】

41：光拡散ドット

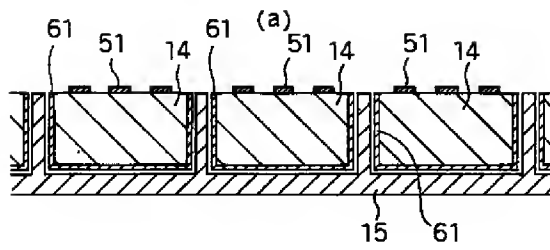


【図5】

51：反射膜（または光拡散部材）

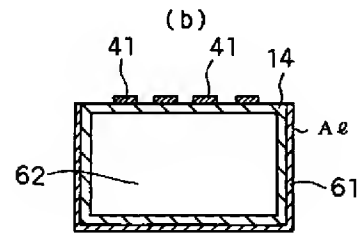


【図6】

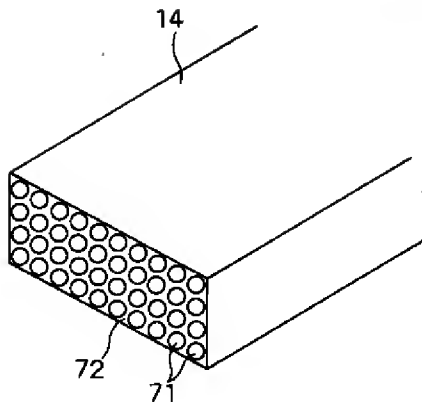


61：反射膜

62：中空部（ゲルまたは液体）



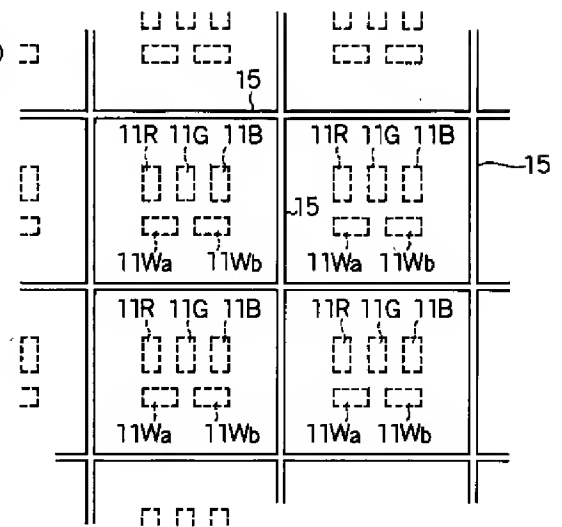
【図7】



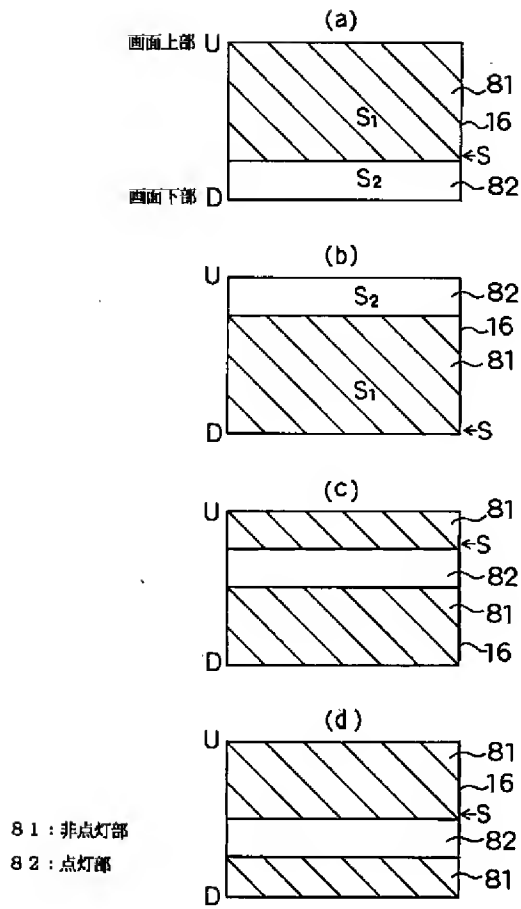
71：ファイバー

72：接着剤（樹脂または固定材）

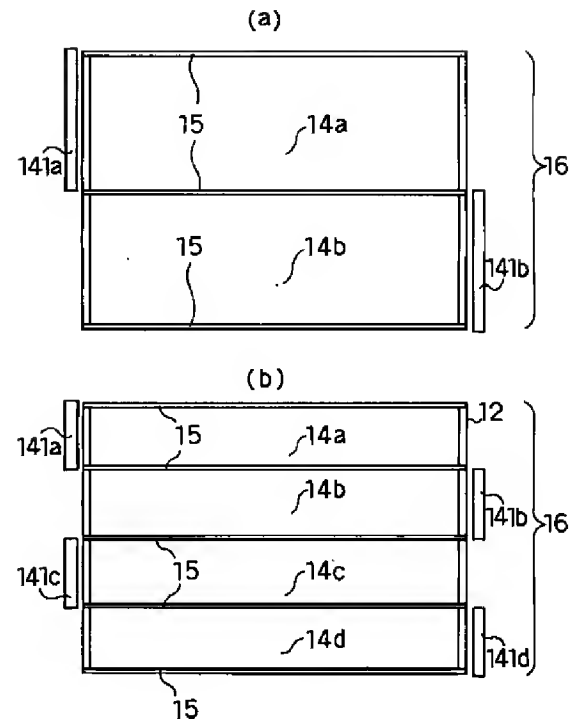
【図20】



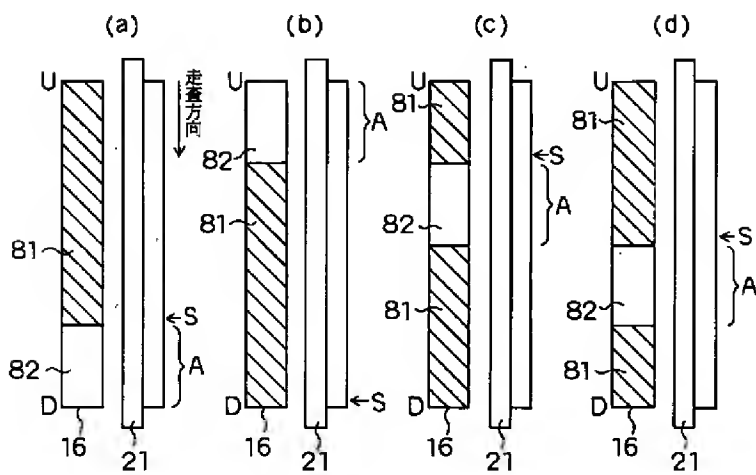
【图 8】



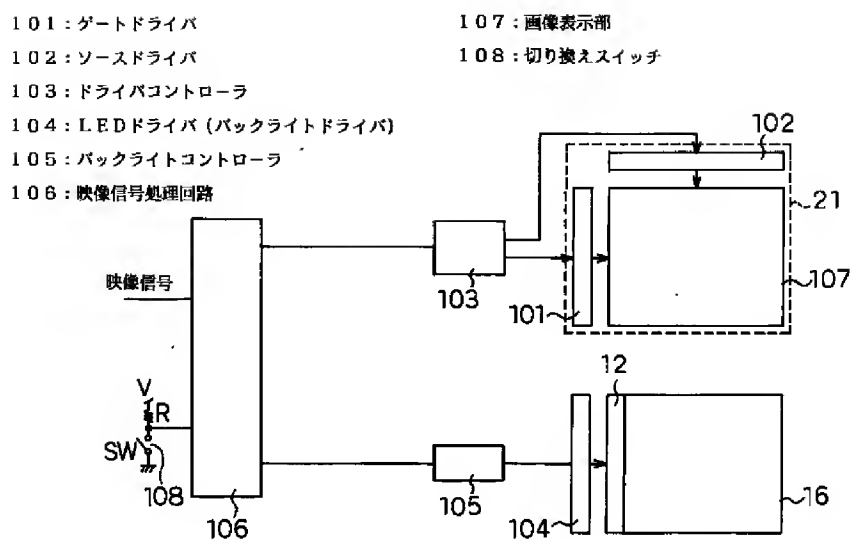
【图 16】



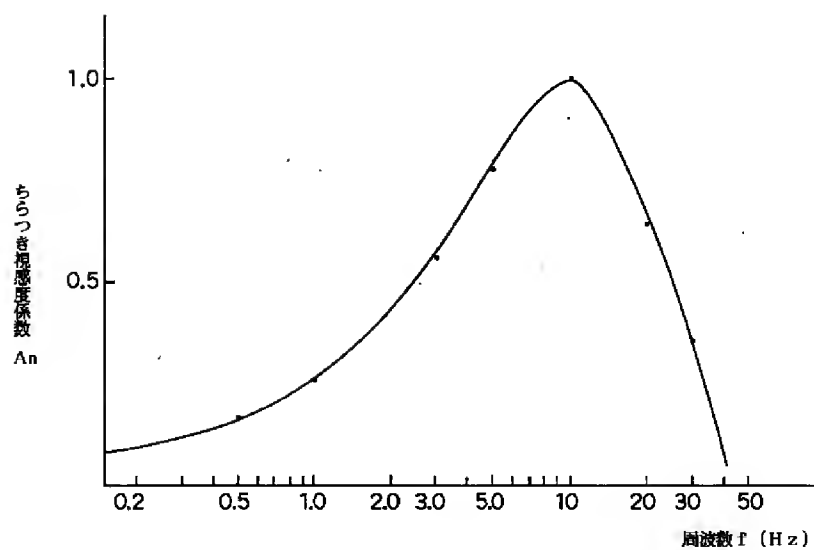
【图 9】



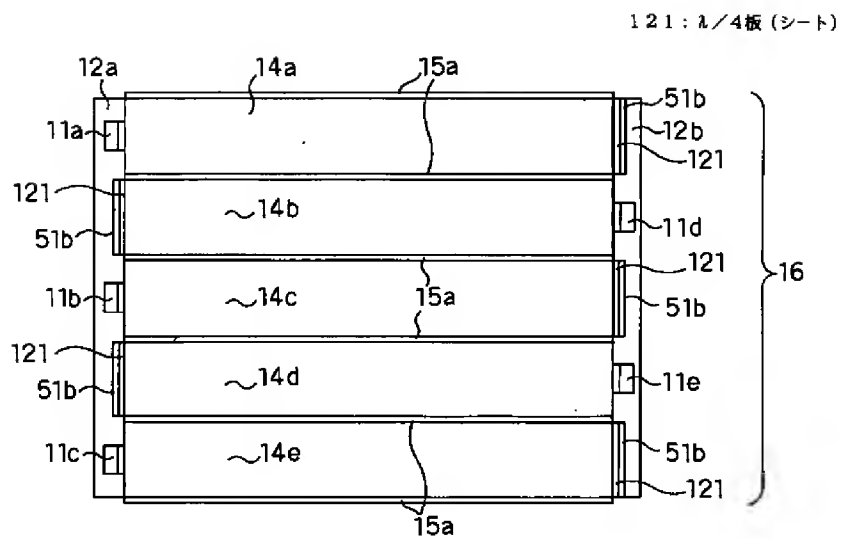
【図10】



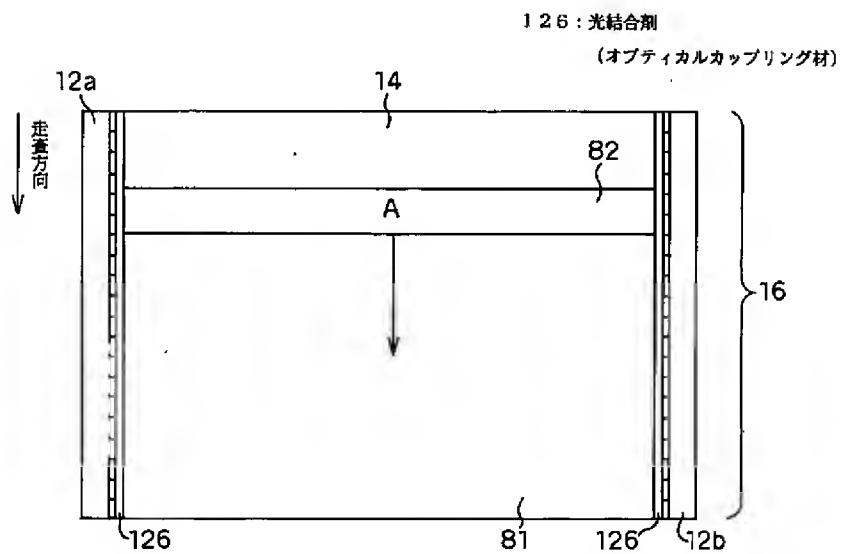
【図11】



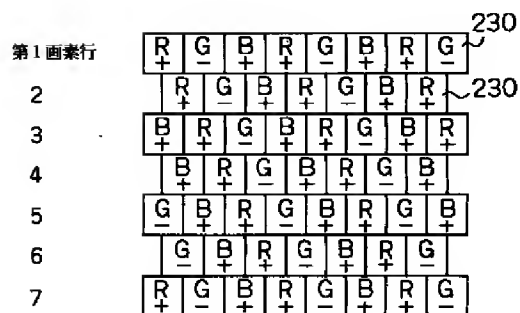
【図12】



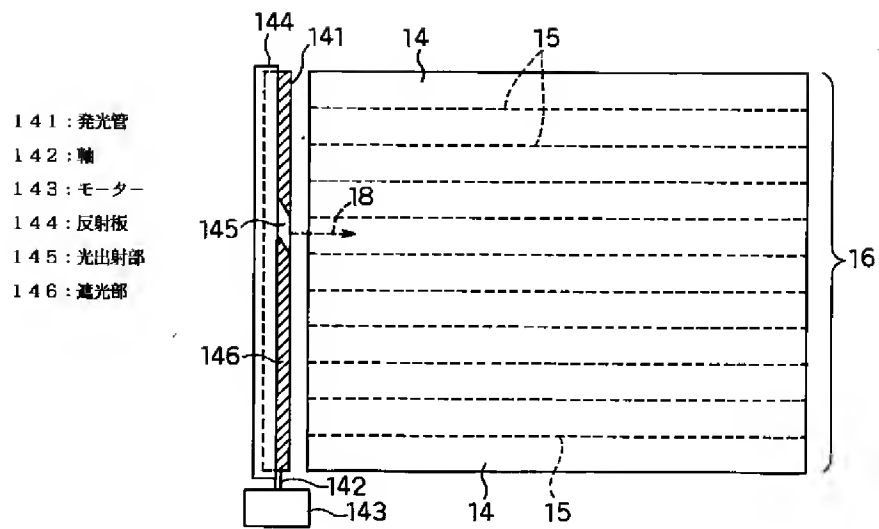
【図13】



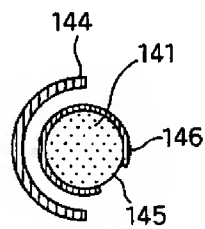
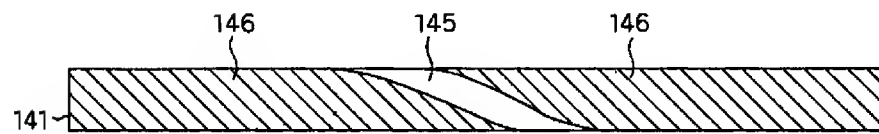
【図33】



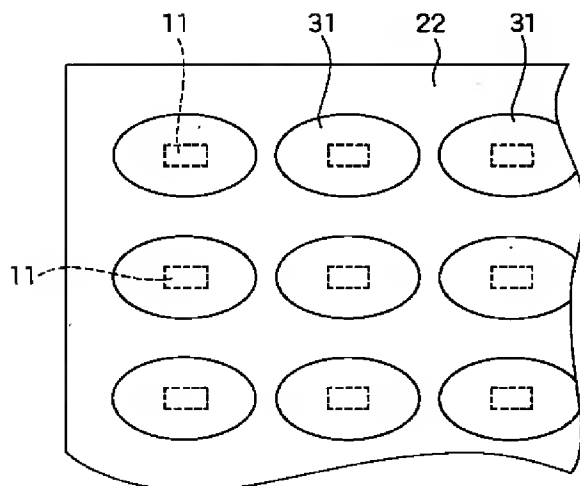
【図14】



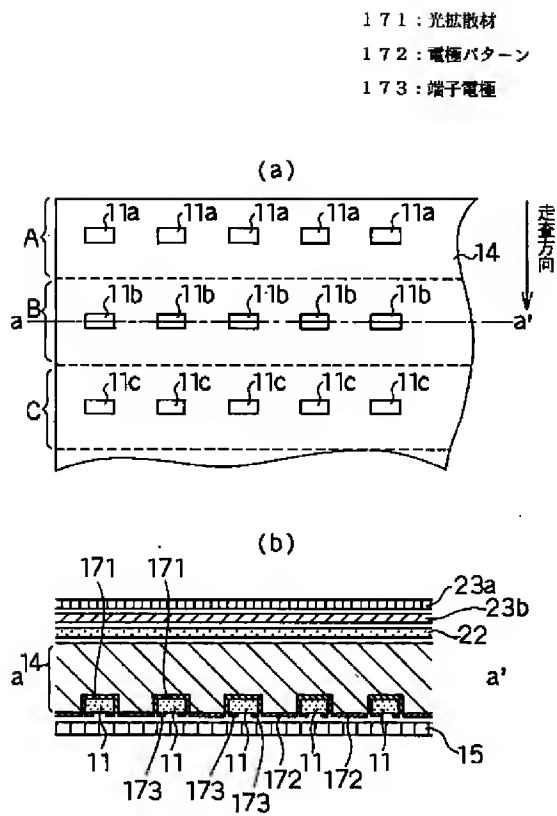
【図15】



【図19】

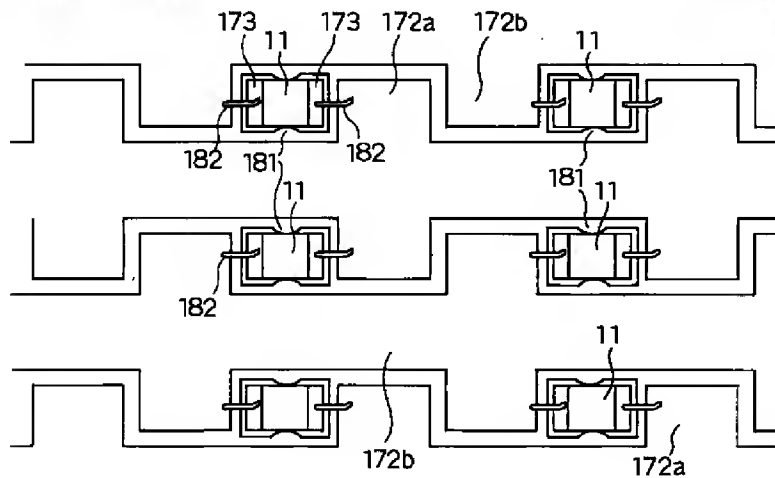


【図 17】

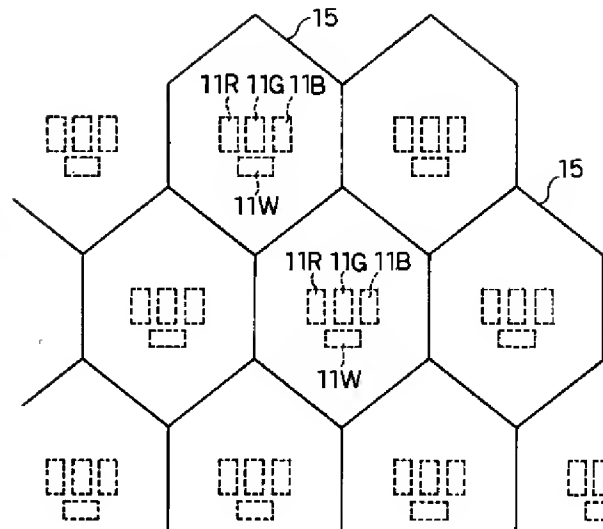


【図 18】

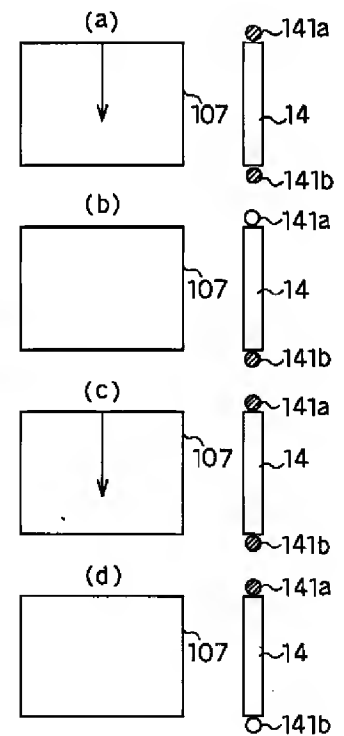
172a : 電極パターン (正極)  
172b : 電極パターン (負極)



【図 21】



【図 37】



826

21

18b

222

225

229

228: (ソース) 信号線

224a

224a

224a

223B

223R

223G

223B

226

224b

224b

224b

228a

228b

228a

230

221

230

227

229: 反射防止膜

230: 画素電極 (画素)

221: アレイ基板

222: 対向基板

223: カラーフィルタ

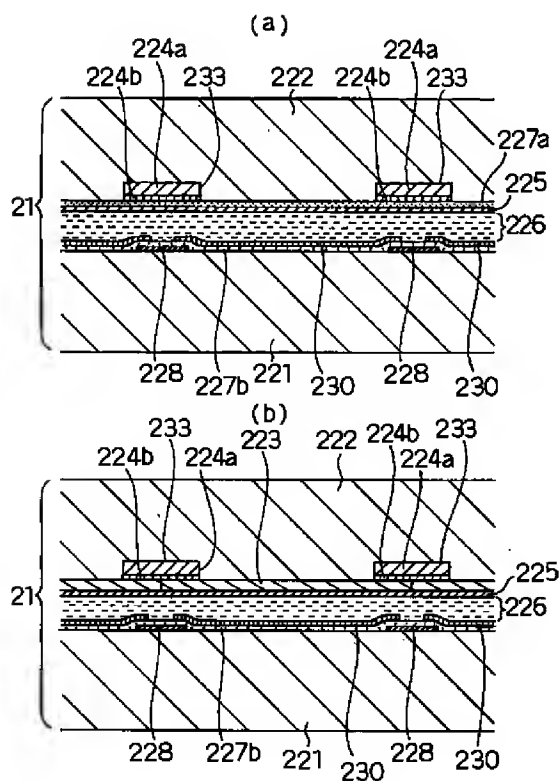
224: BM (ブラックマトリックス)

225: 対向電極

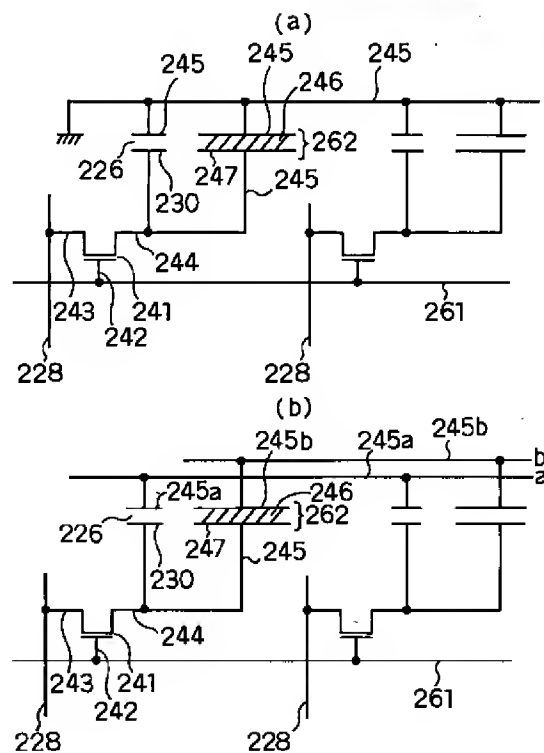
226: 液晶層 (光変調層)

227: 平滑化膜 (レベリング膜)

233 : 四部

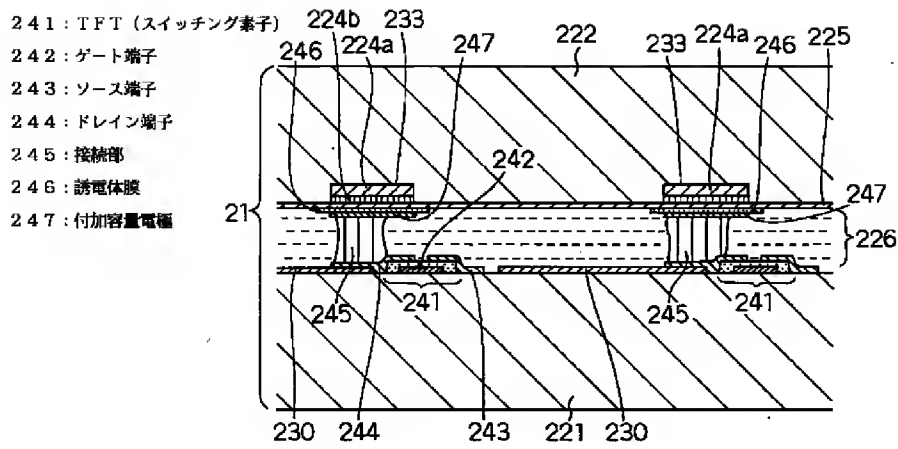


261:ゲート信号線  
262:付加容量(蓄積容量)

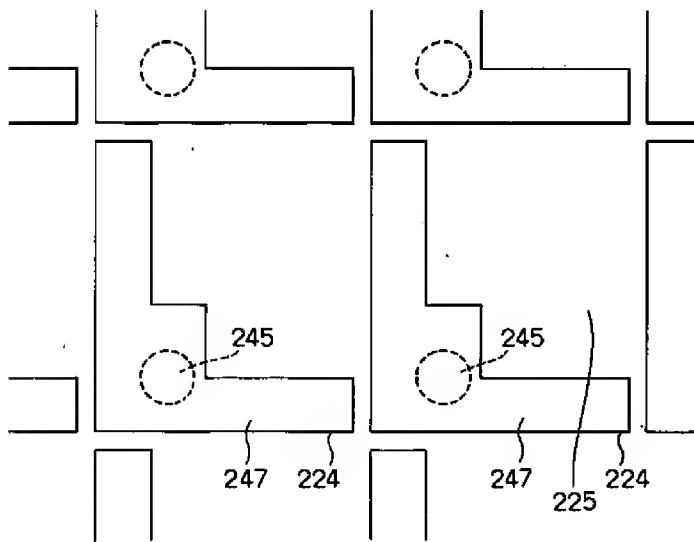




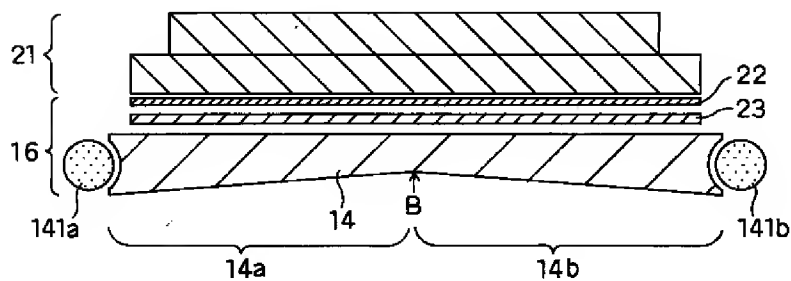
【図24】



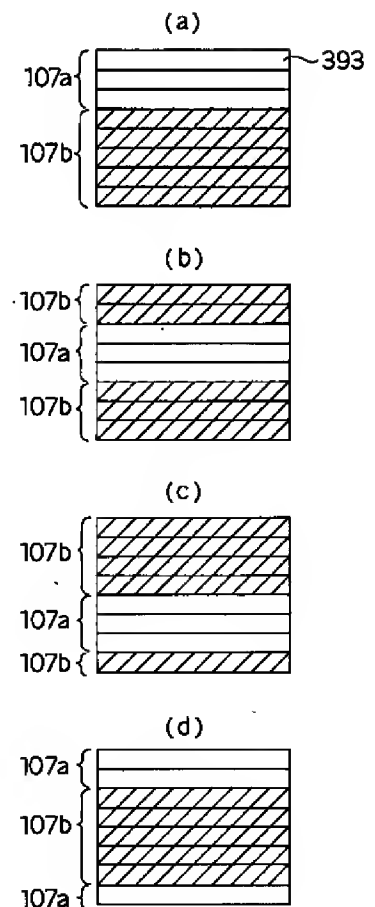
【図25】



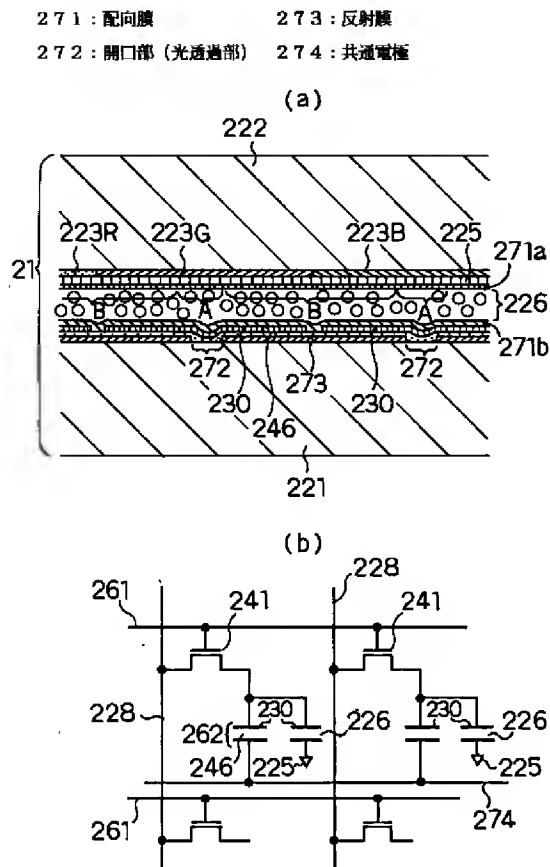
【図36】



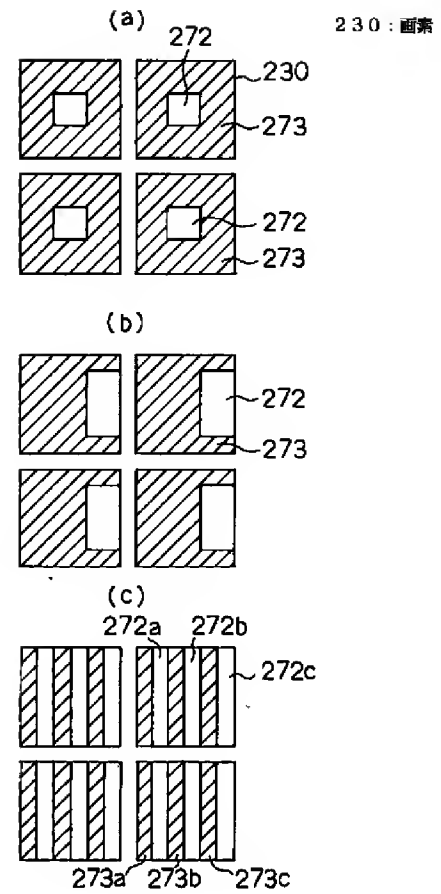
【図42】



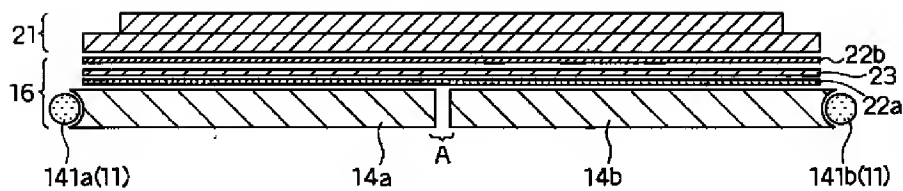
【図 2 7】



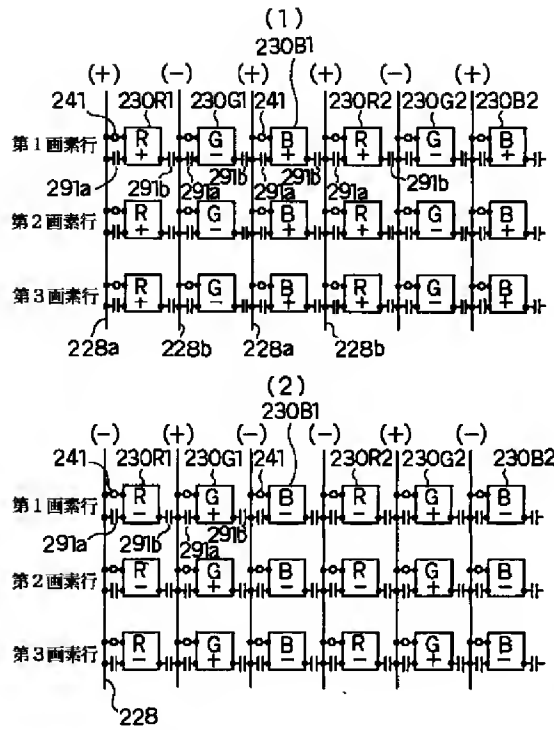
【図 2 8】



【図 3 4】

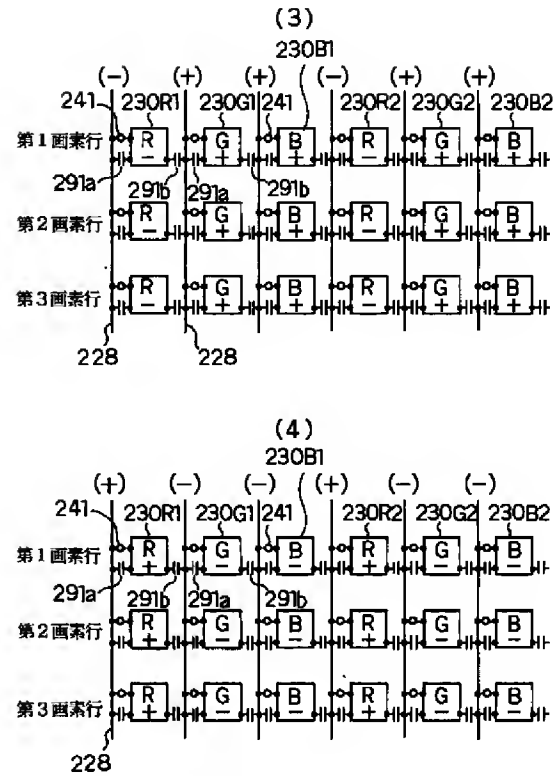


【图 2 9】



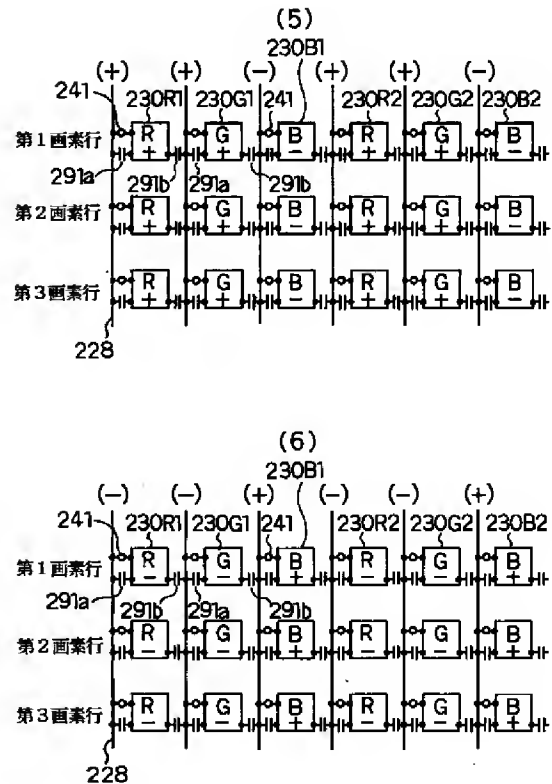
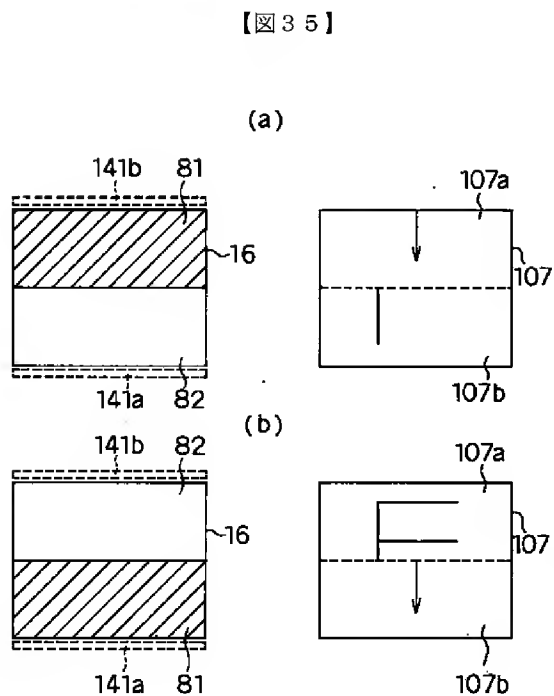
291: 寄生容量

【图 3 0】

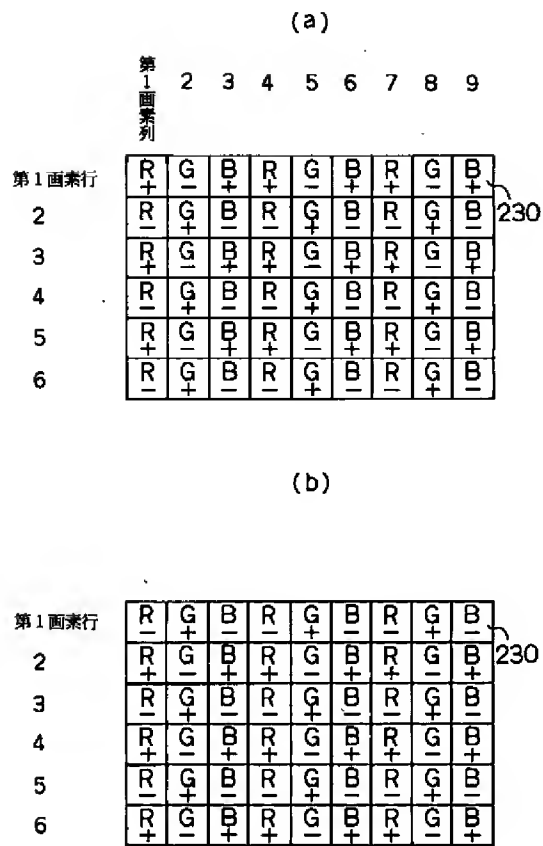


【图 3 1】

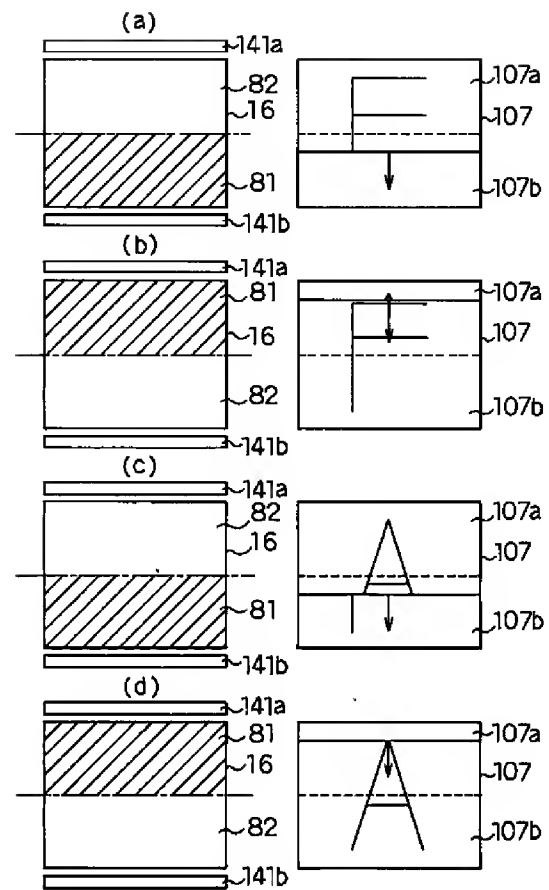
【图 3 5】



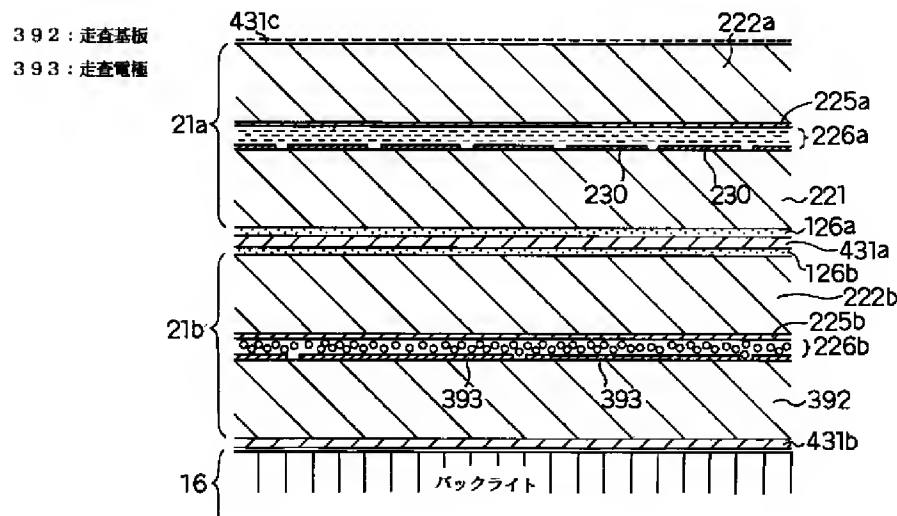
【図32】



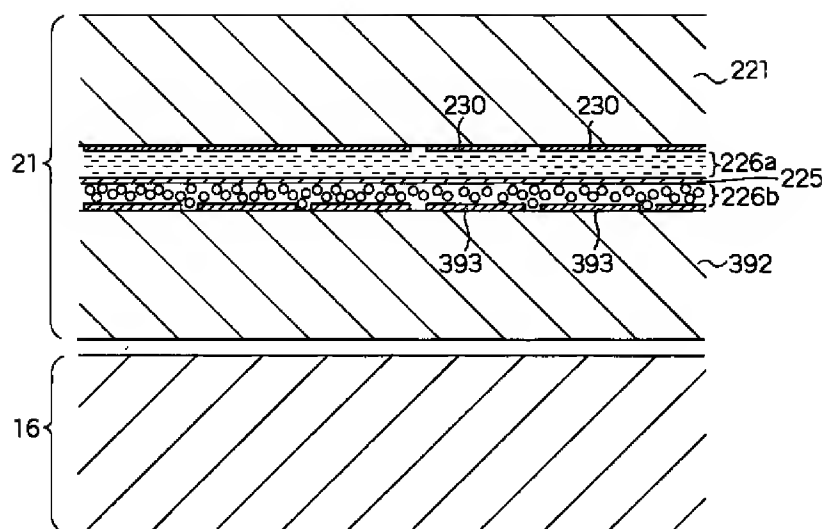
【図38】



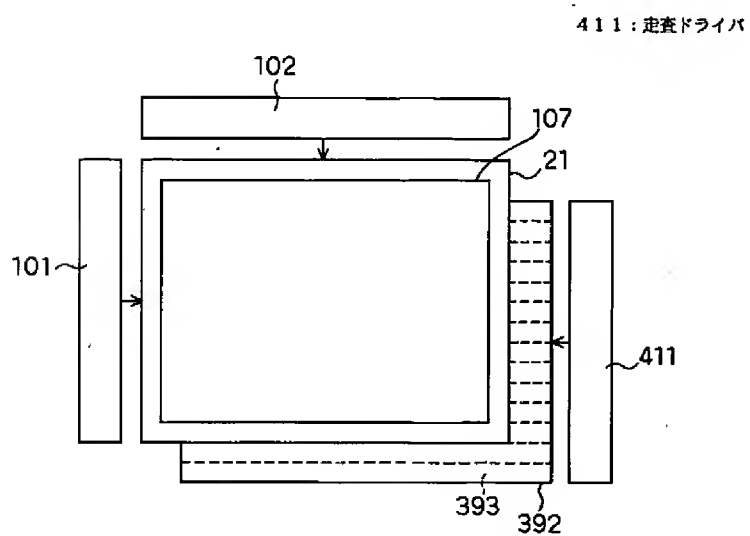
【図39】



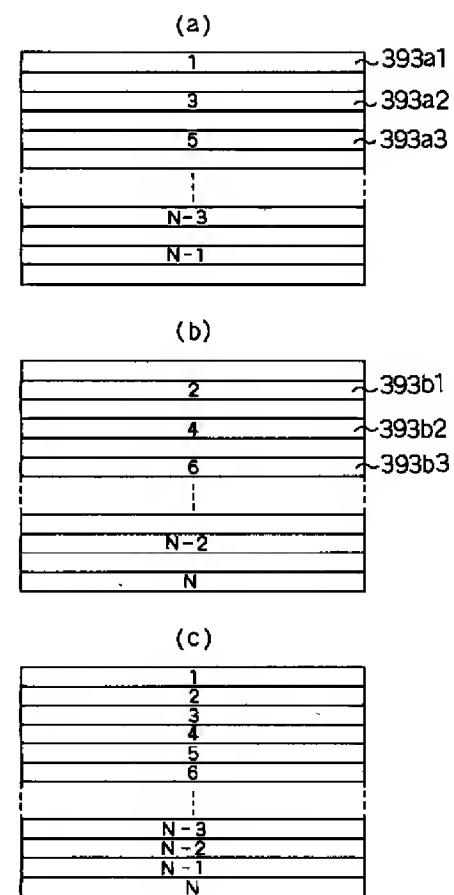
【図40】



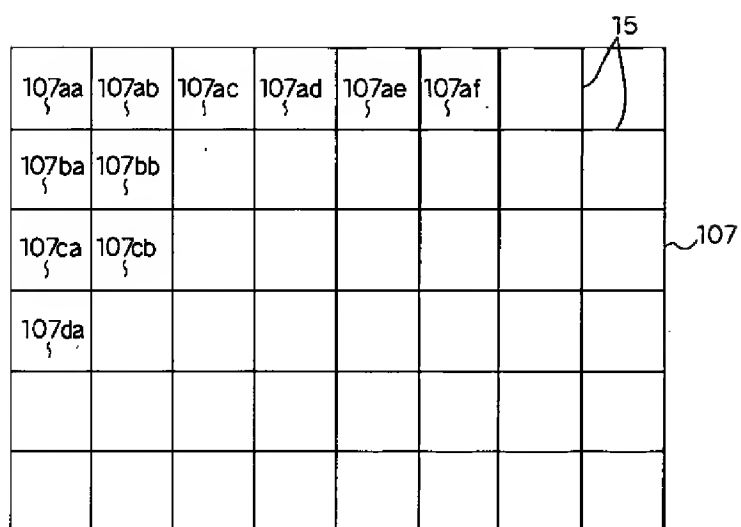
【図41】



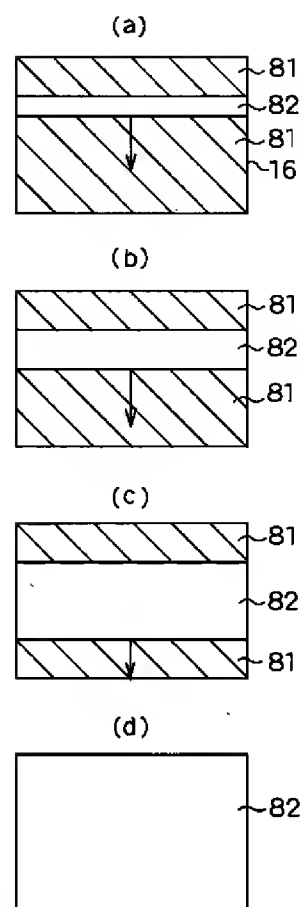
【図51】



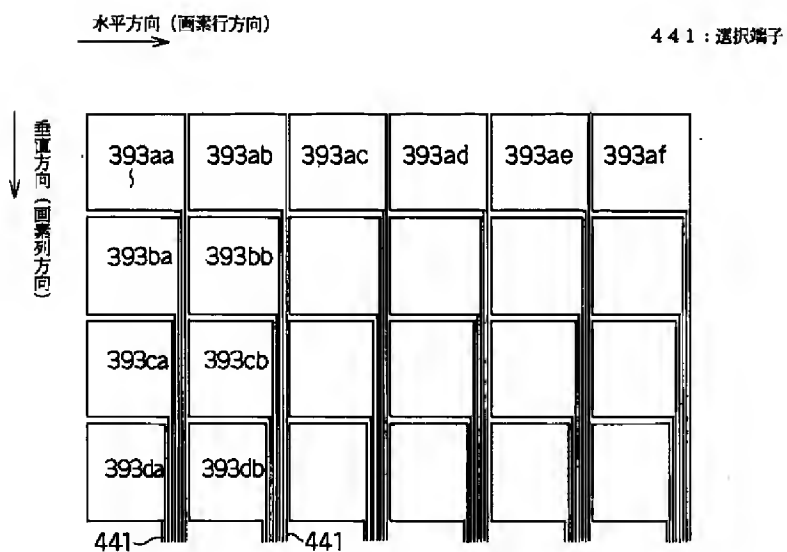
【图 4 3】



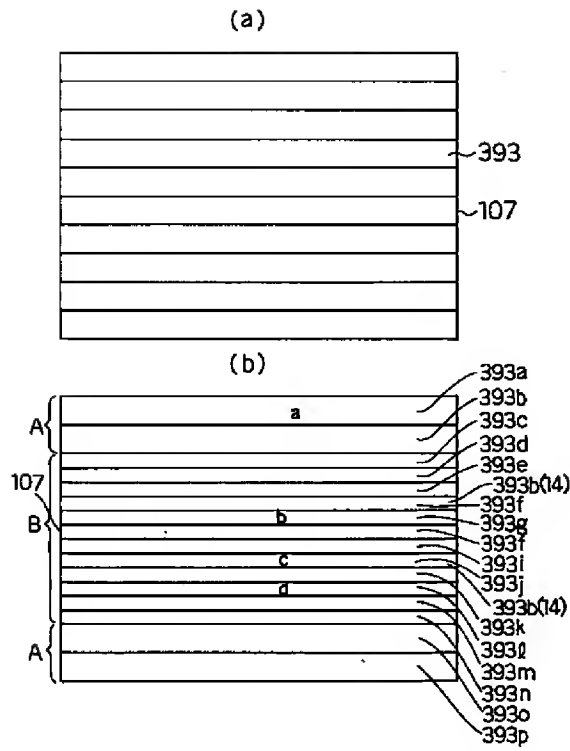
【图 5 4】



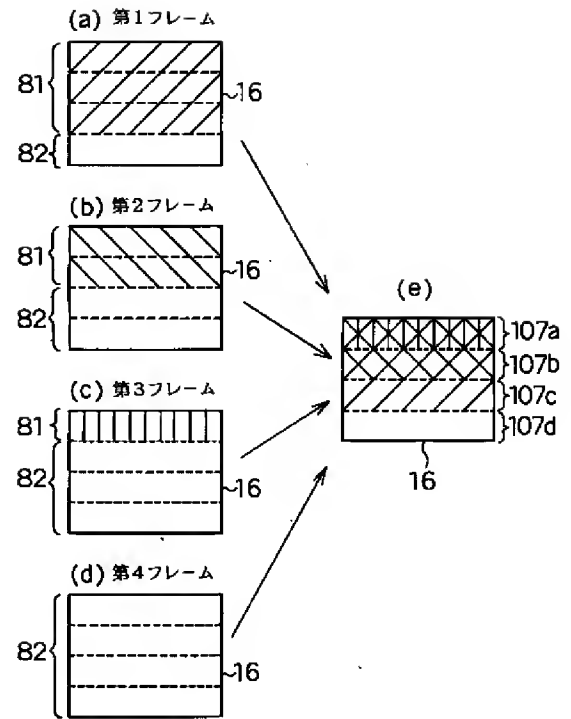
【图 4 4】



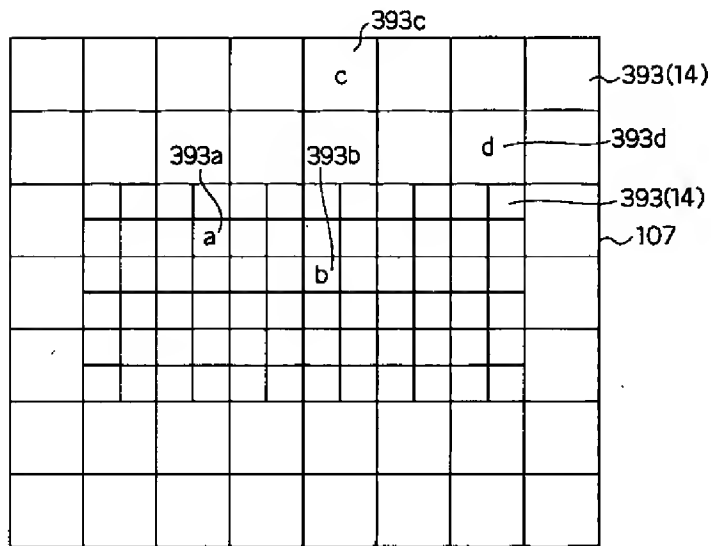
【図45】



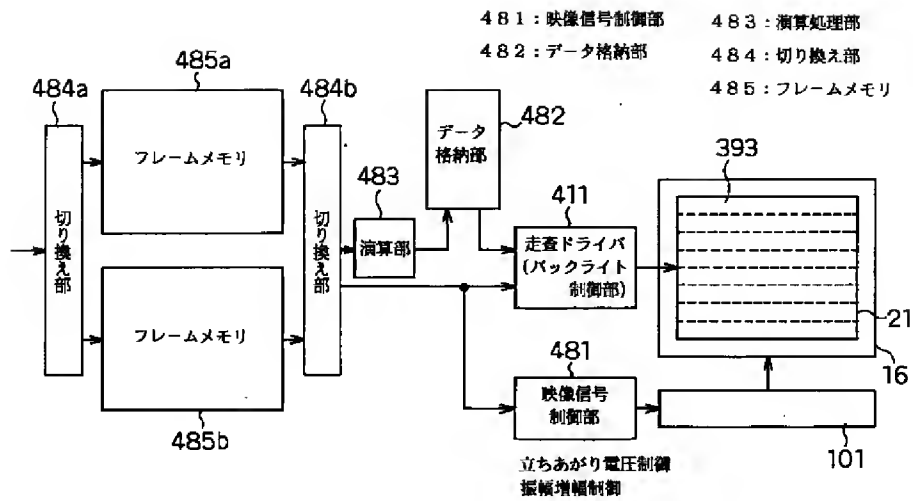
【図47】



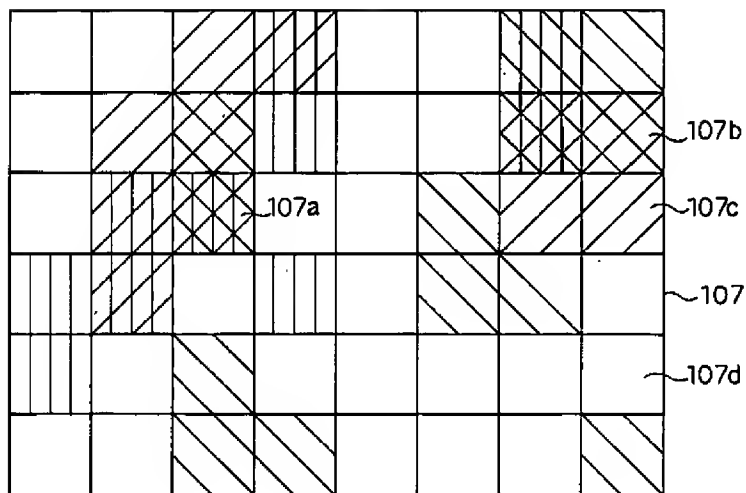
【図46】



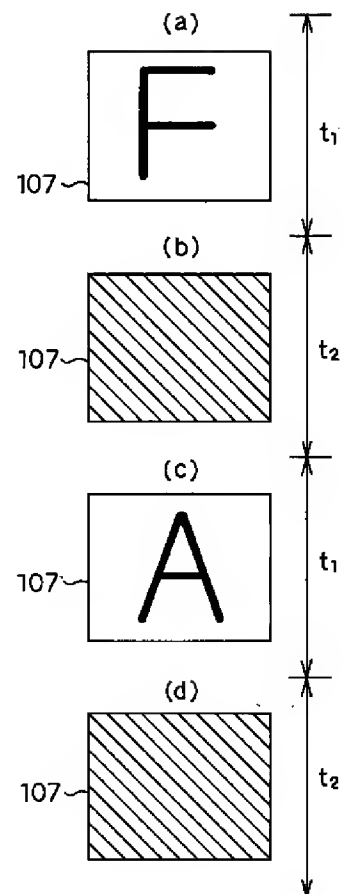
【図48】



【図49】

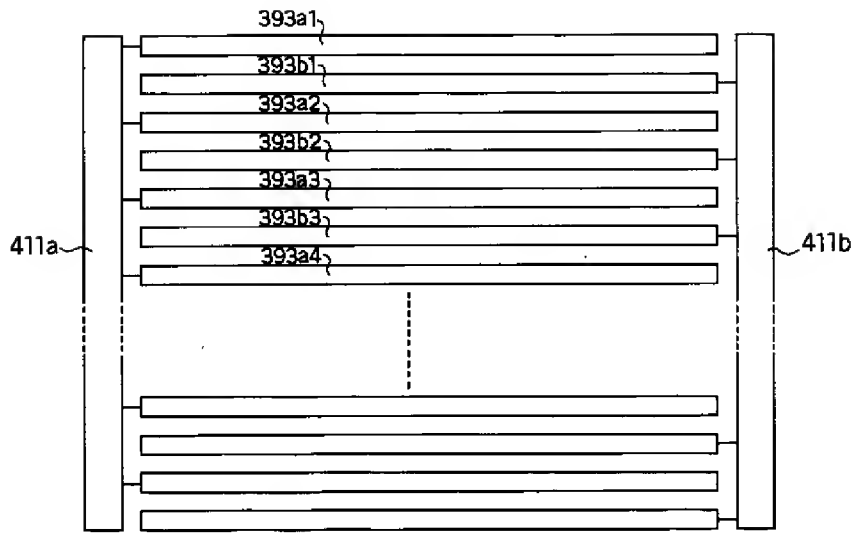


【図56】

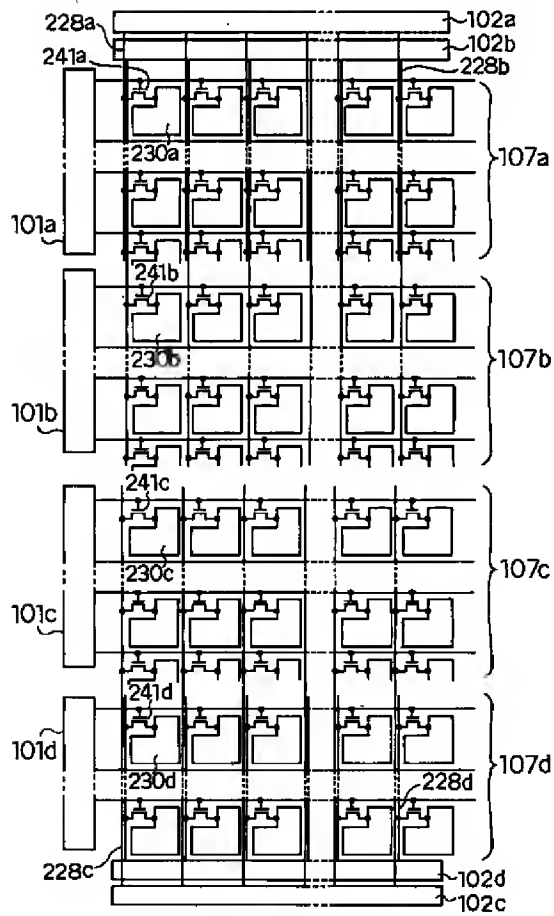




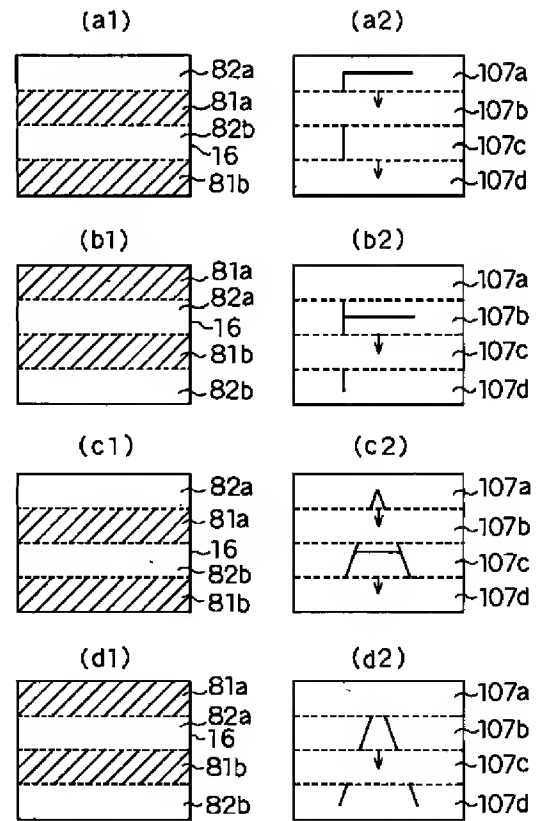
【図50】



【図52】

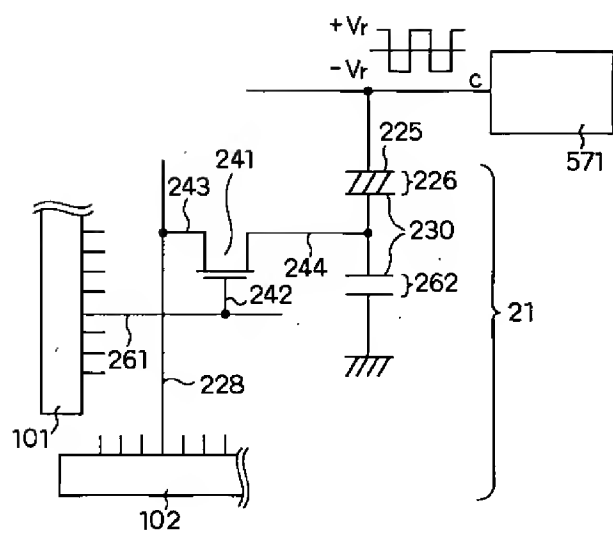


【図53】

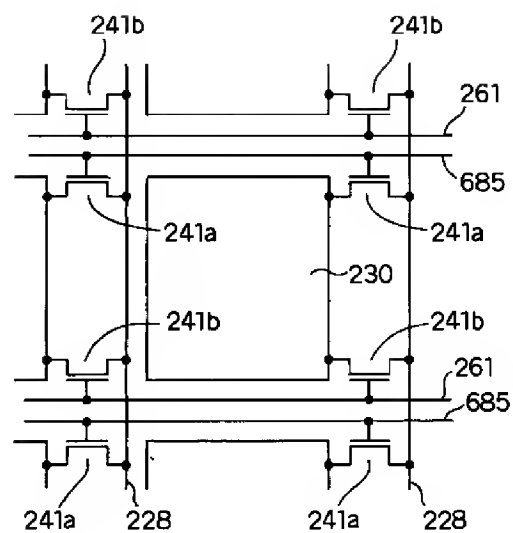




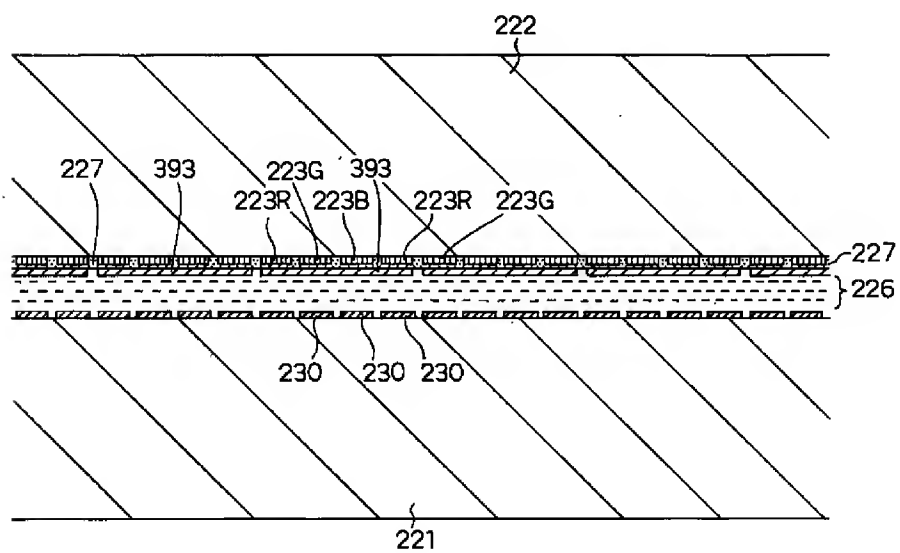
【図59】



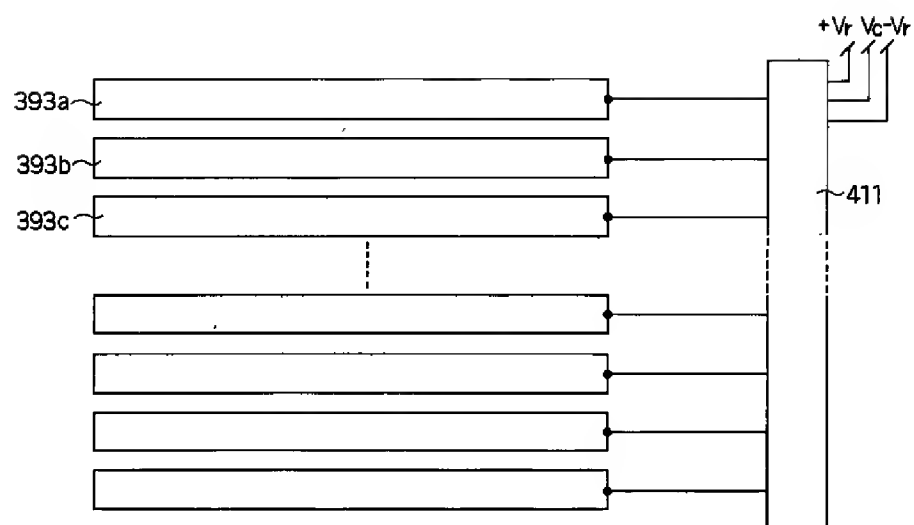
【図67】



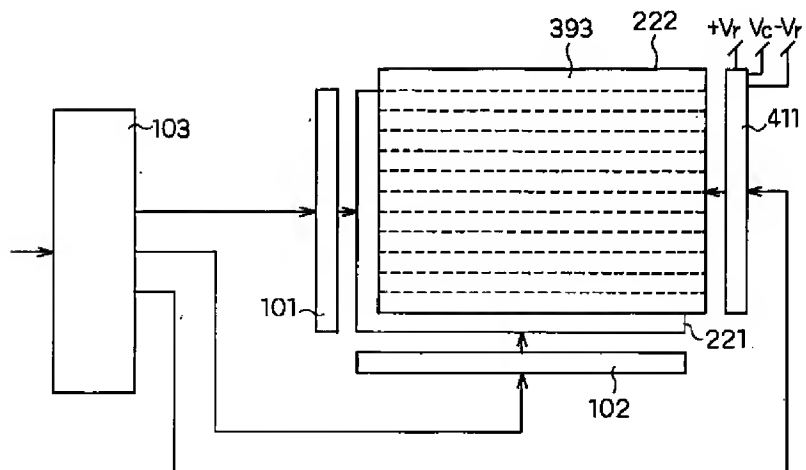
【図61】



【図 6 2】



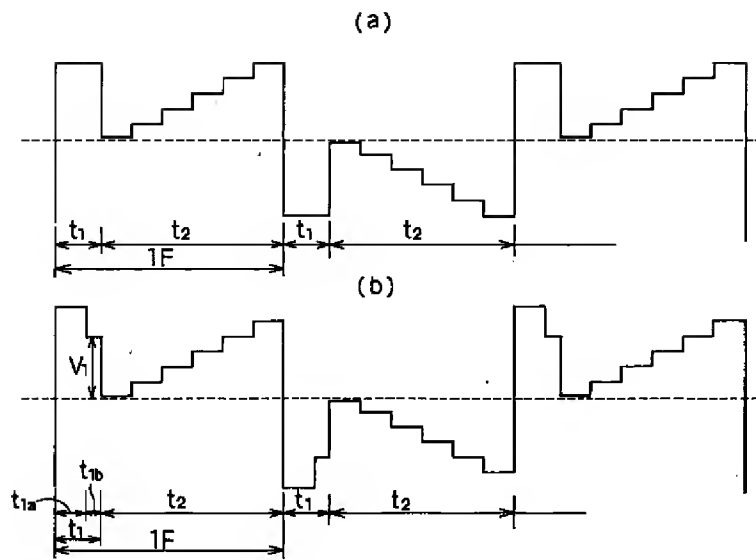
【図 6 3】



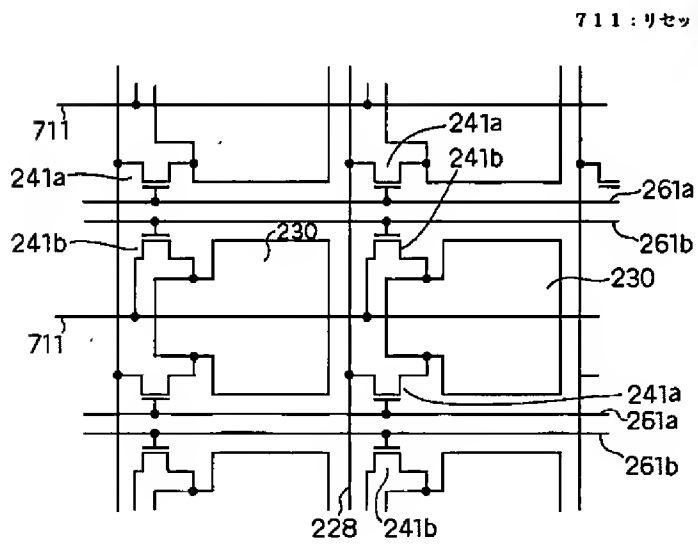




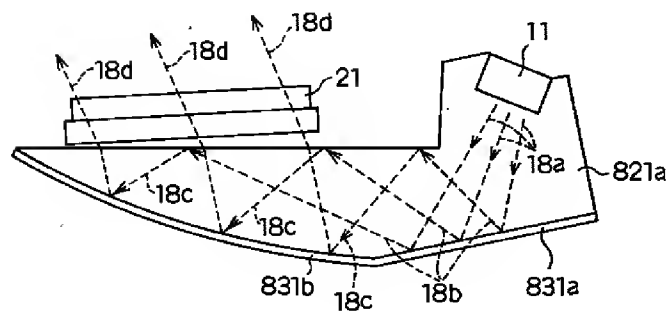
【図69】



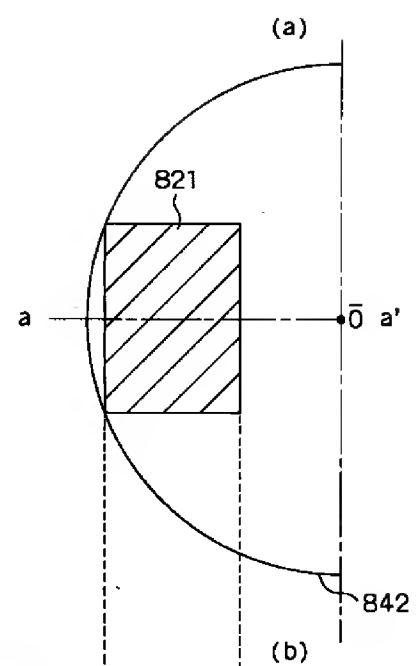
【図71】



【図142】

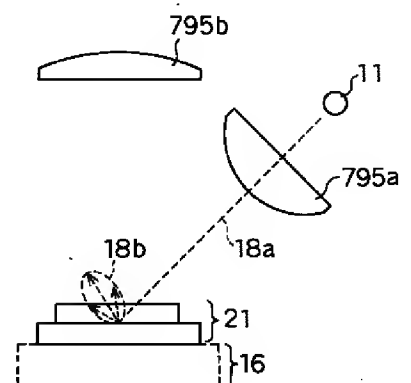
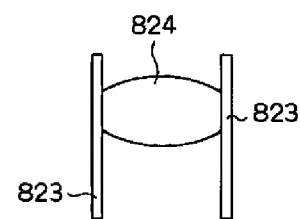


【図84】



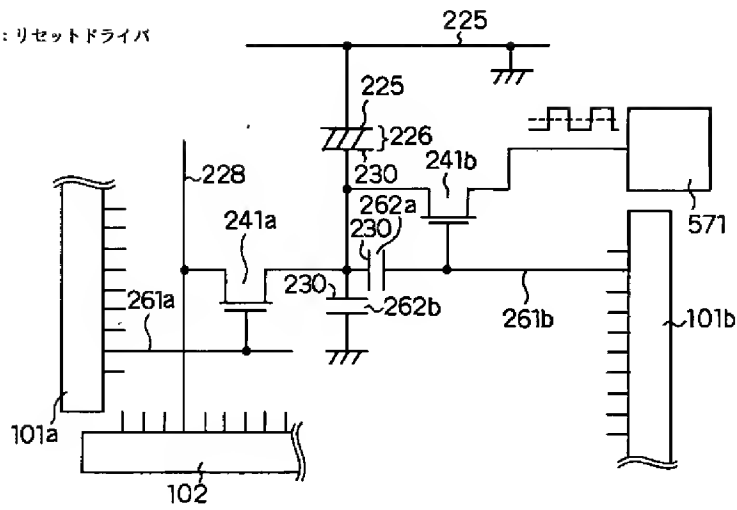
842: 放物面鏡 (凹面鏡)

【図88】

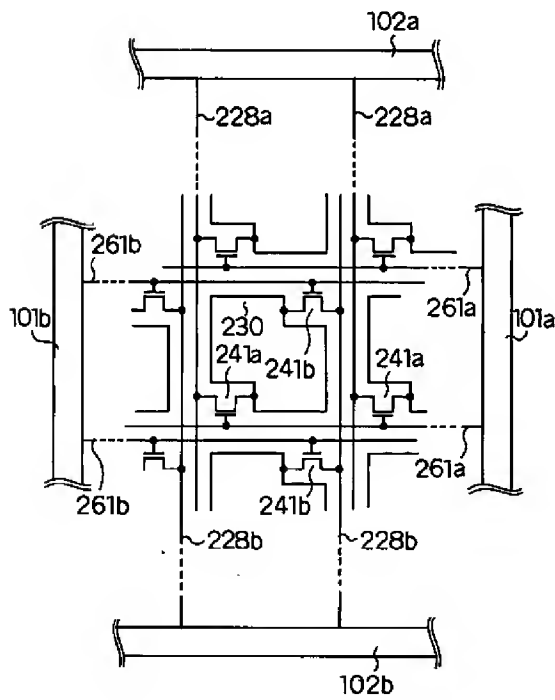


【図 7 2】

721: リセットドライバ

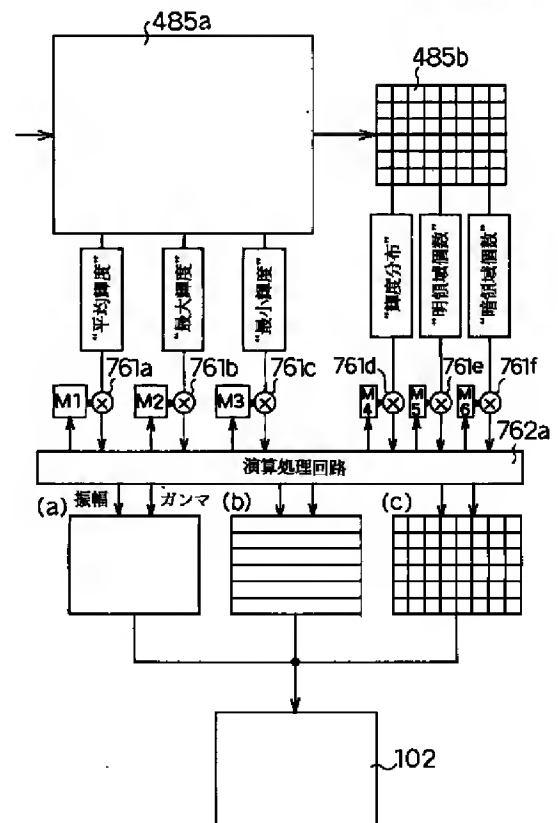


【図 7 3】



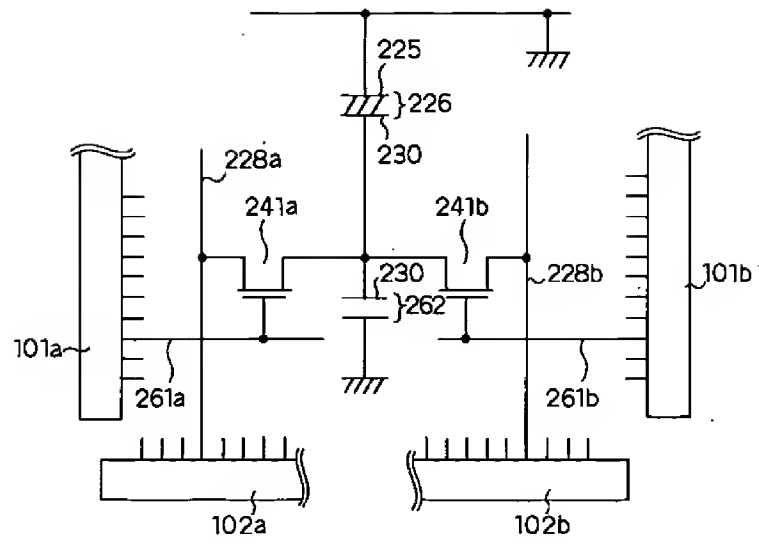
【図 7 6】

761: 乗算器  
762: 演算処理回路

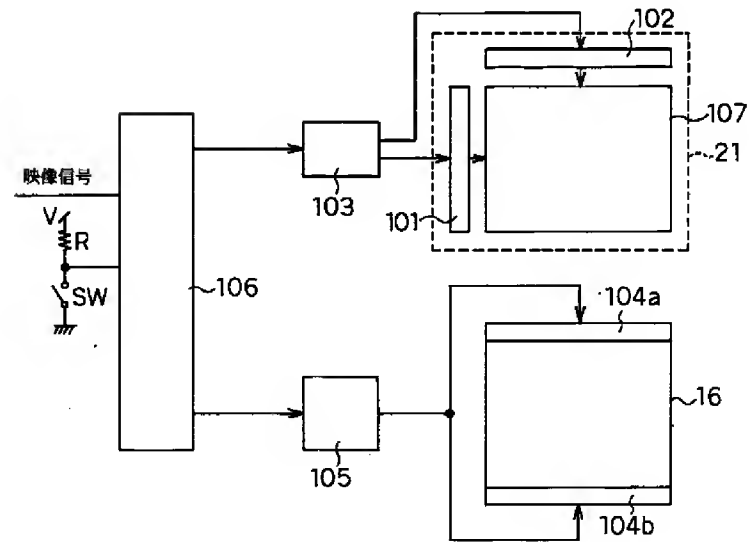




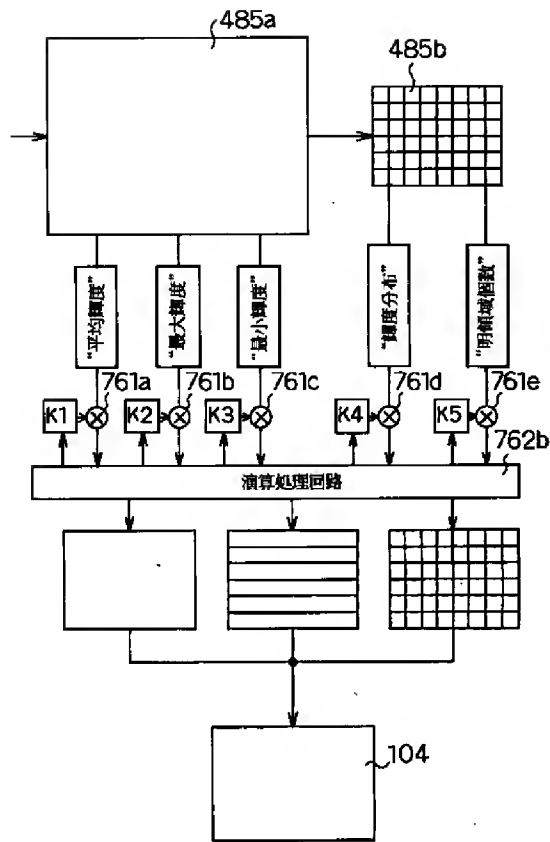
【图 7 4】



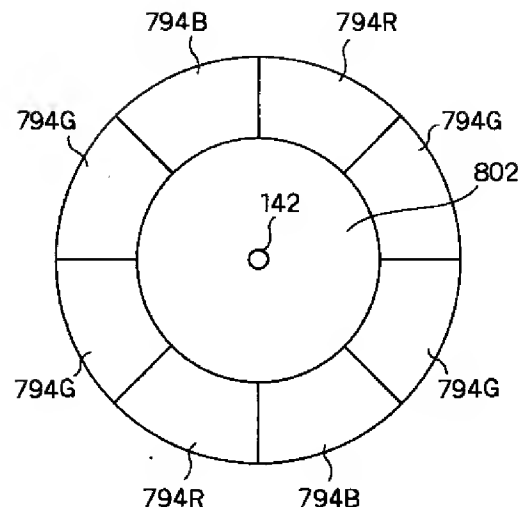
【图 7 5】



【図 7 7】

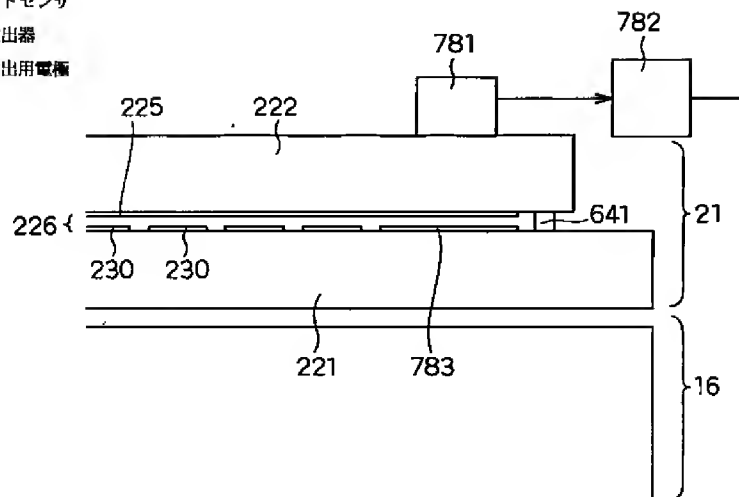


【図 8 1】

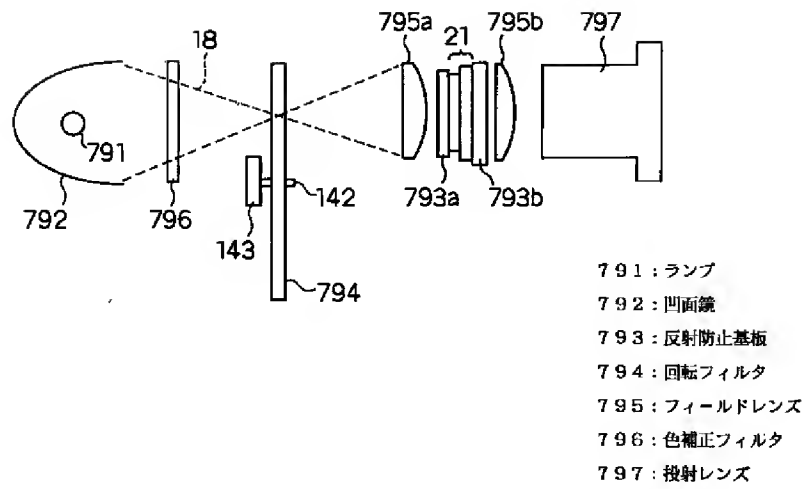


【図 7 8】

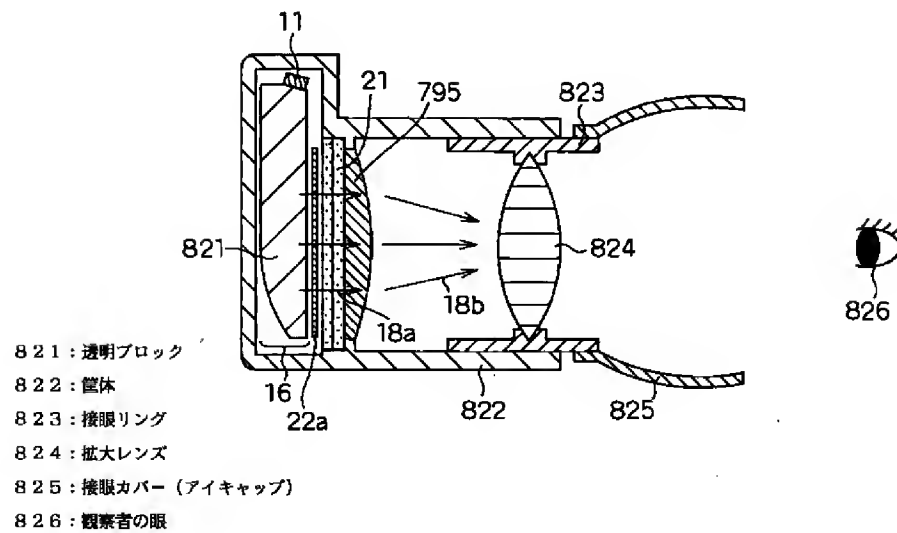
781 : ホトセンサ  
782 : 検出器  
783 : 検出用電極



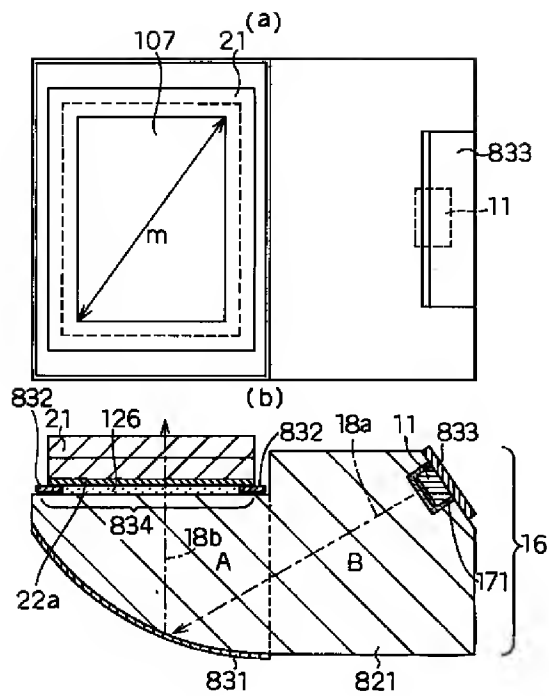
【図 7 9】



【図 8 2】

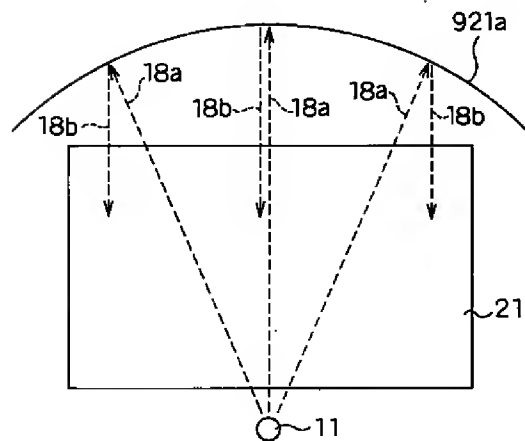


【図83】

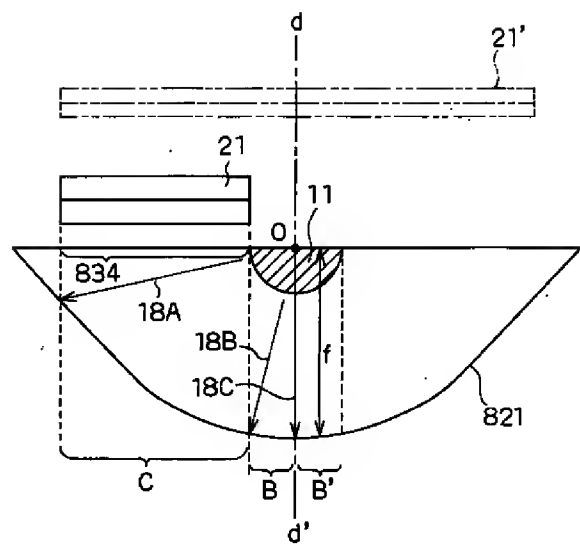


831: 反射面 (反射膜)  
832: 遮光体  
833: フレキシブル基板 (プリント基板)  
834: 光出射領域

【図96】

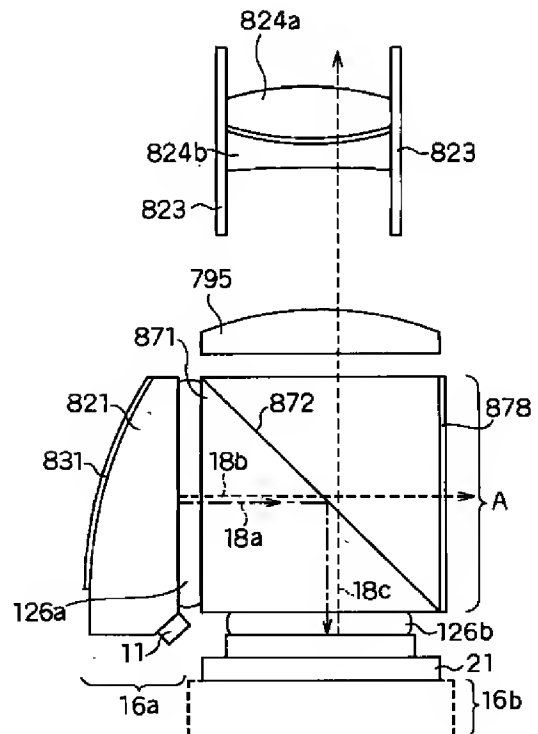


【図85】

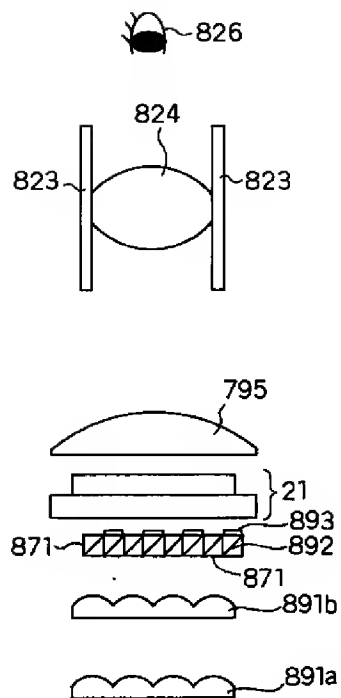


【図87】

871: PBS (ダイクロイックミラー, ダイクロイックプリズム)  
872: 光分離面  
878: 光吸収膜

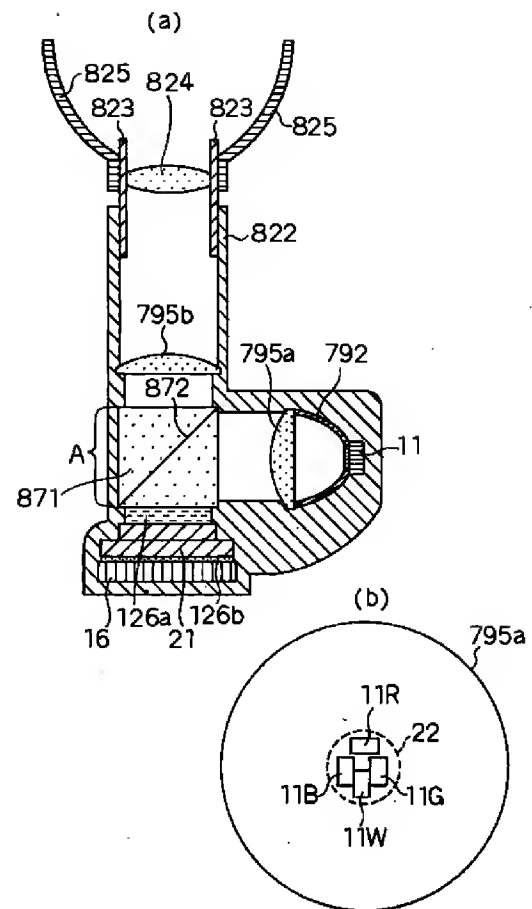


【図 89】

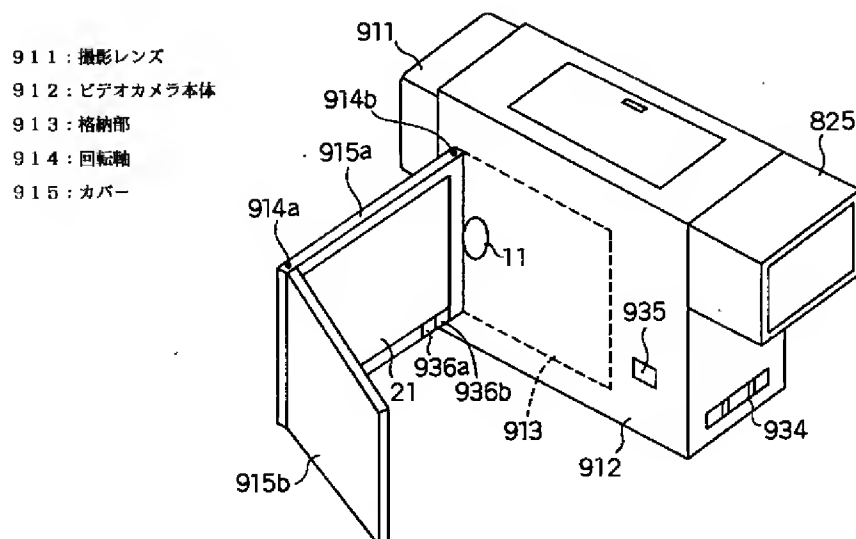


- 11
- 891: インテグレートレンズ
  - 892: ミラー
  - 893:  $\lambda/2$ 板

【図 90】

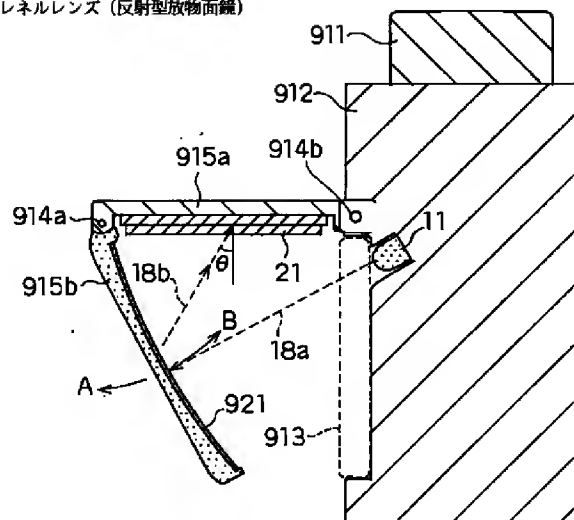


【図 91】

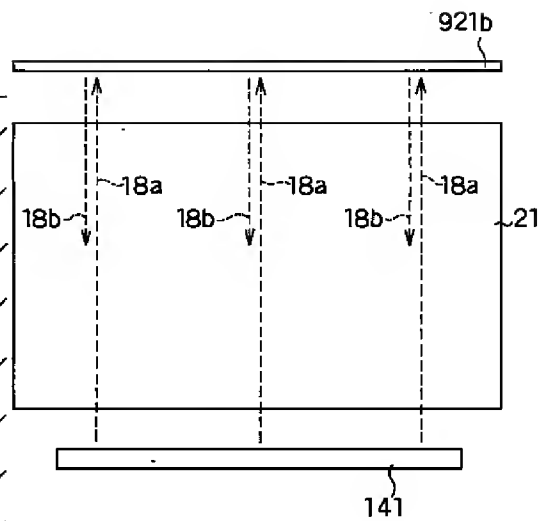


【図 9 2】

921 : 反射フレネルレンズ (反射型放物面鏡)

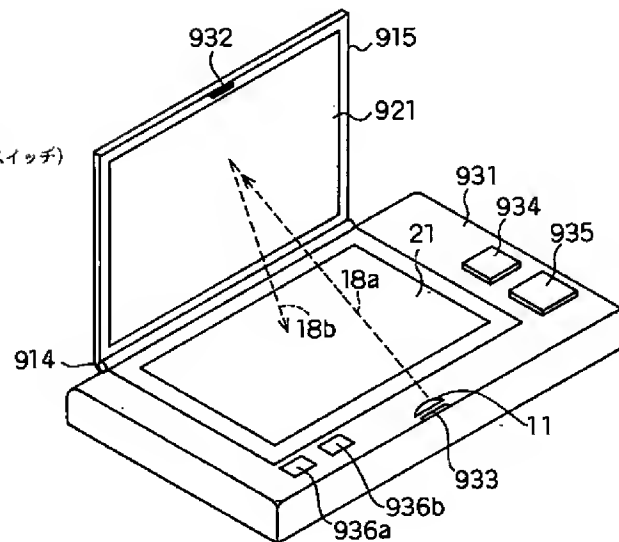


【図 9 7】

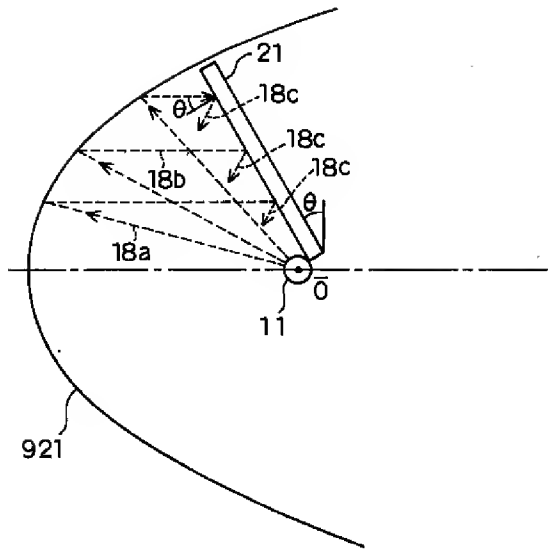


【図 9 3】

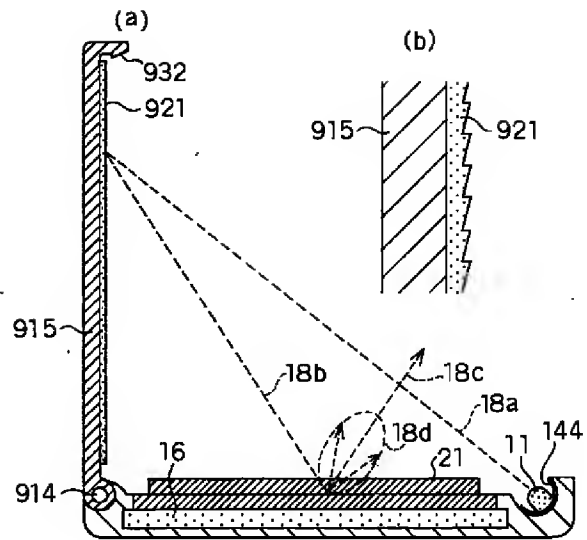
931 : 本体  
932 : 突起  
933 : 留め部  
934 : ガンマ切り換えスイッチ  
935 : 切り換えスイッチ (ターボスイッチ)  
936 : モニター表示部



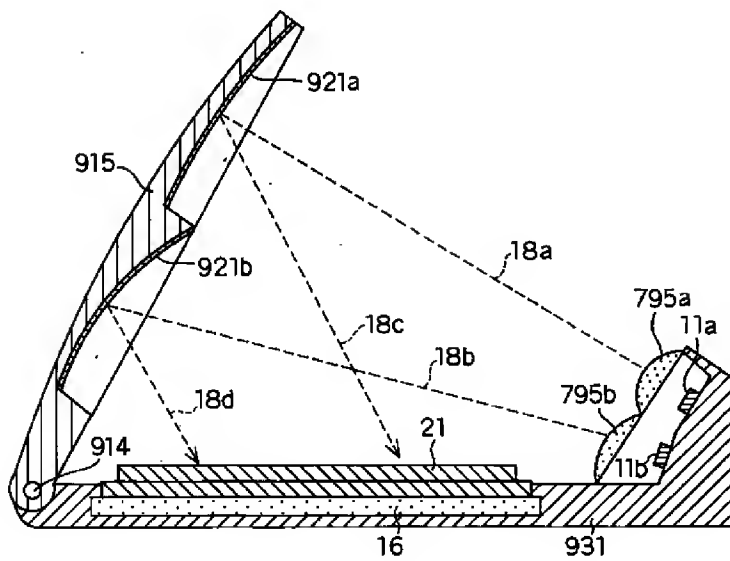
【図 9 4】



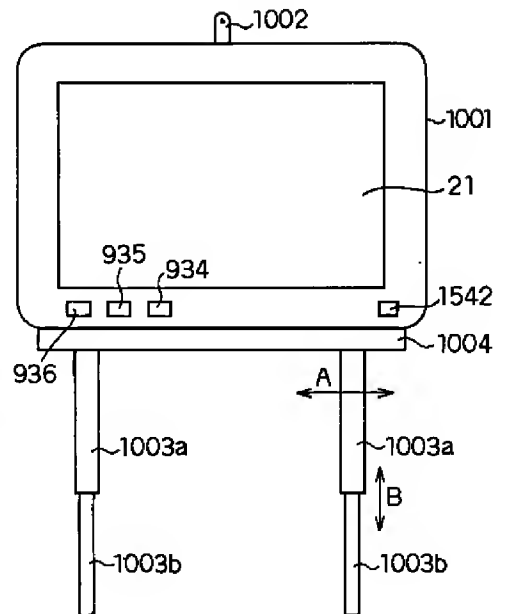
【図 9 5】



【図 9 8】



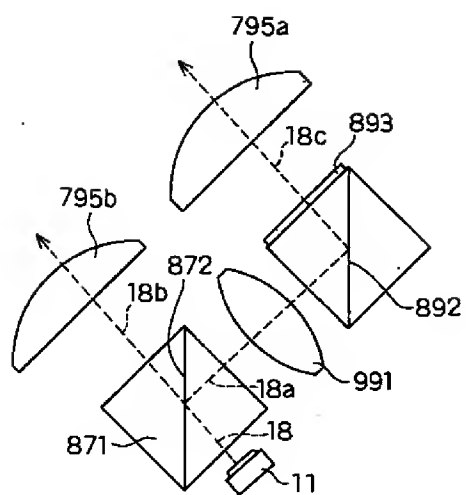
【図 1 0 0】



- 1001: 外枠
- 1002: 固定部材
- 1003: 脚
- 1004: 脚取り付け部

【図 9 9】

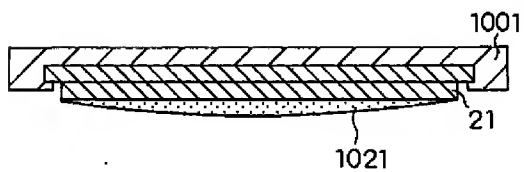
991:リレーレンズ



【図 1 0 2】

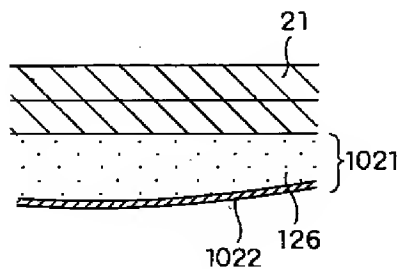
1021:凸部材

(a)



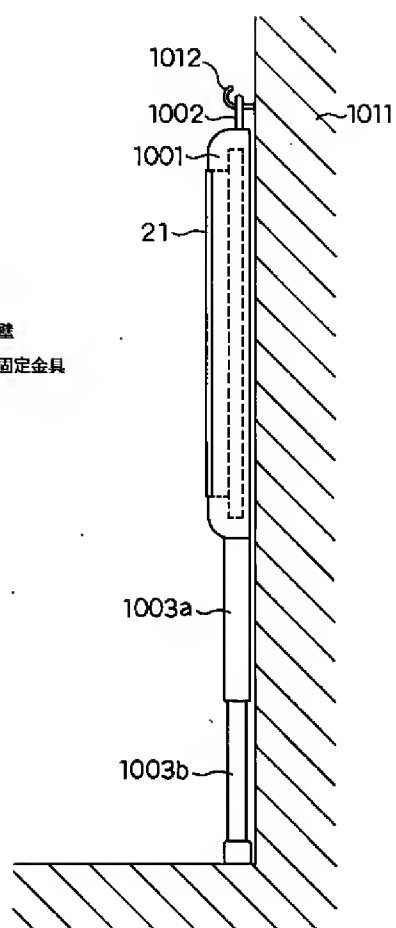
1022:カバー

(b)



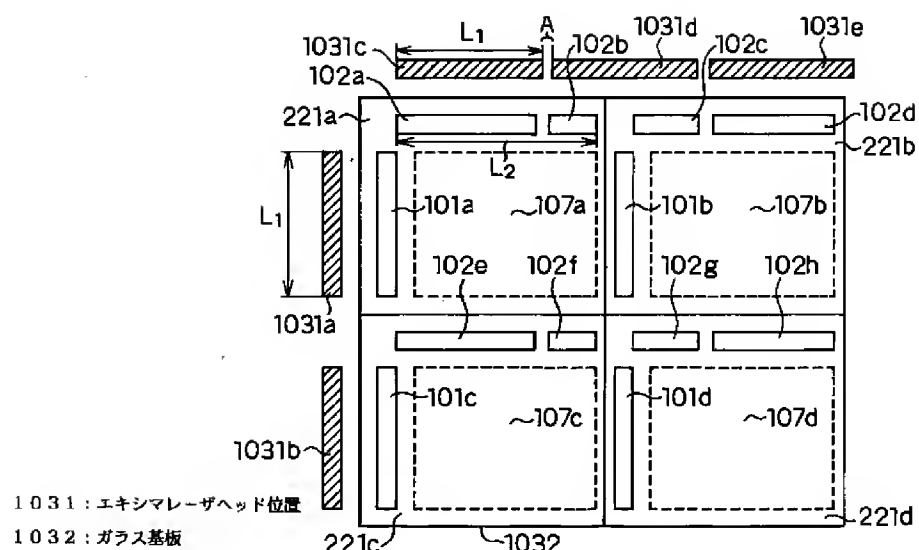
【図 1 0 1】

1011:壁  
1012:固定金具

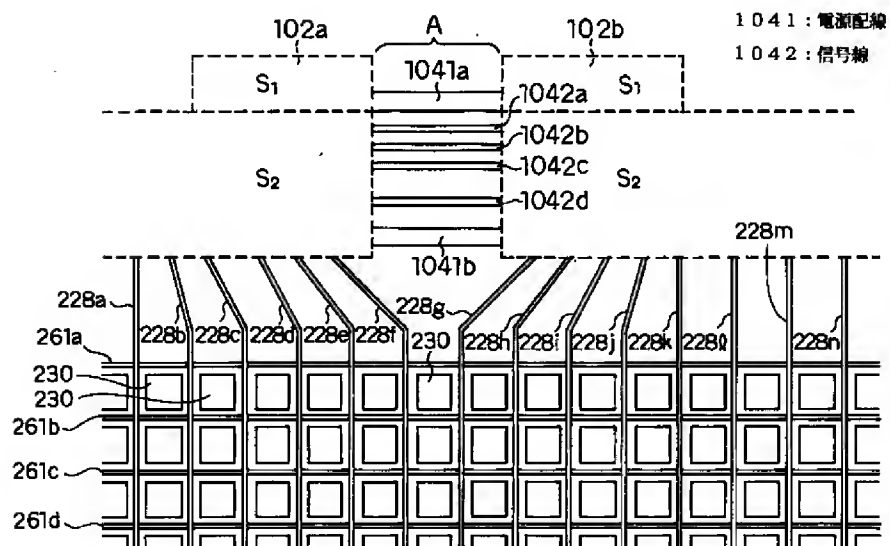




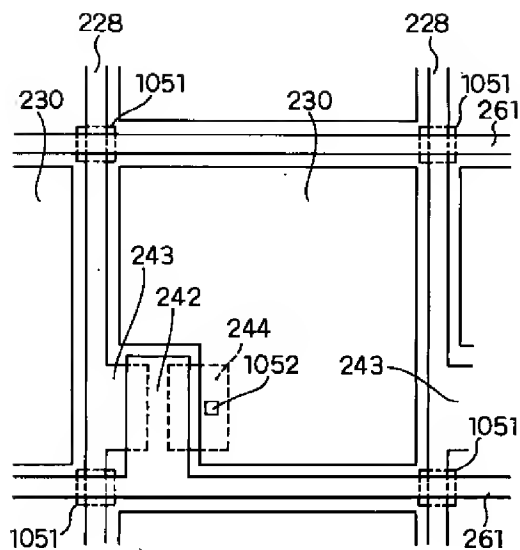
【図103】



【図104】



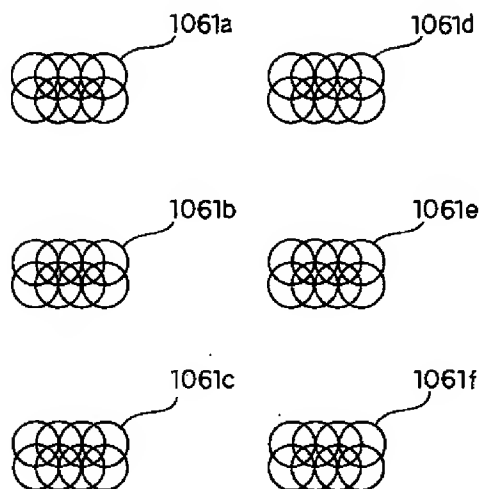
【図105】



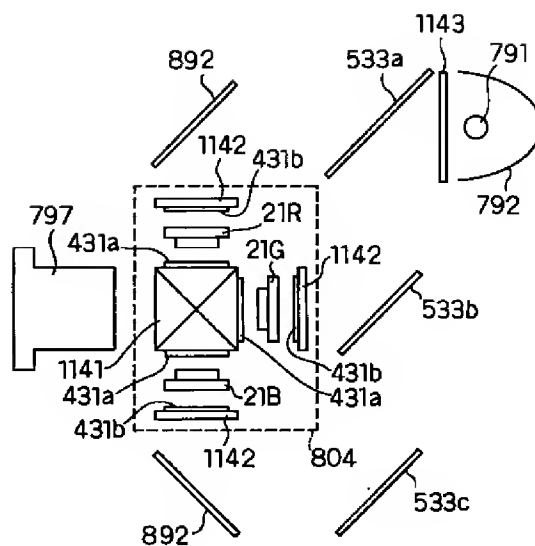
1051 : 絶縁膜  
1052 : コンタクトホール

【図106】

1061 : レーザスポット



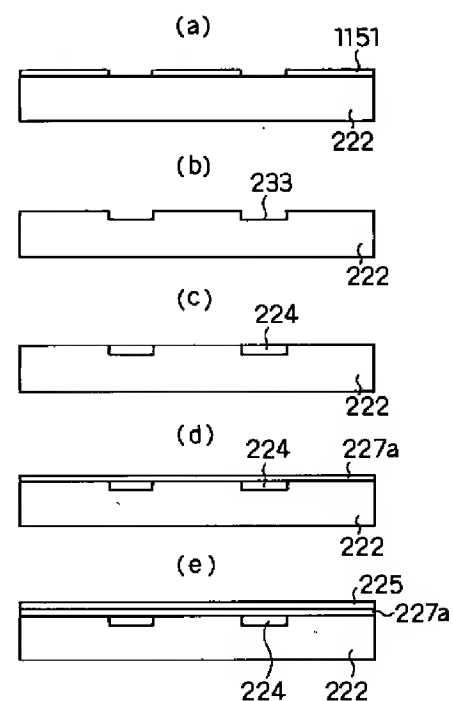
【図114】



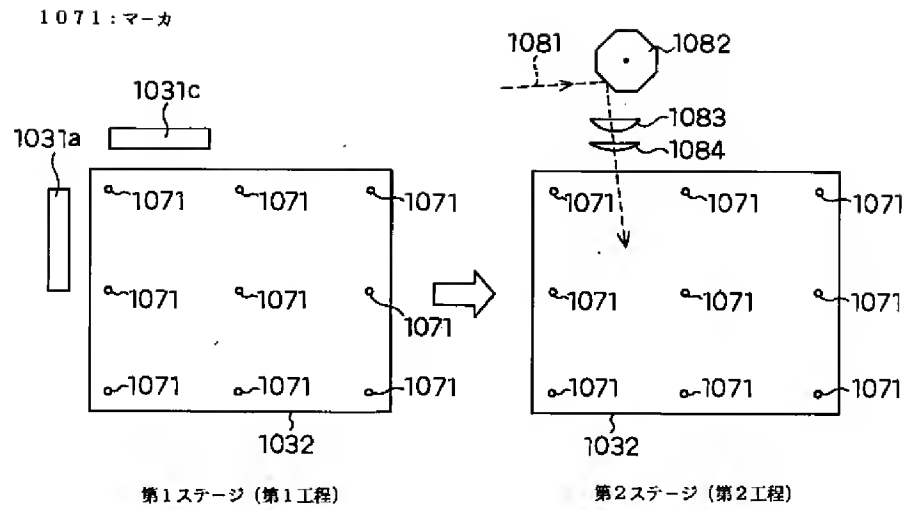
431 : 偏光板  
1141 : ダイクロイックプリズム  
1142 : 透明基板  
1143 : UVカットフィルタ

【図115】

1151 : レジスト

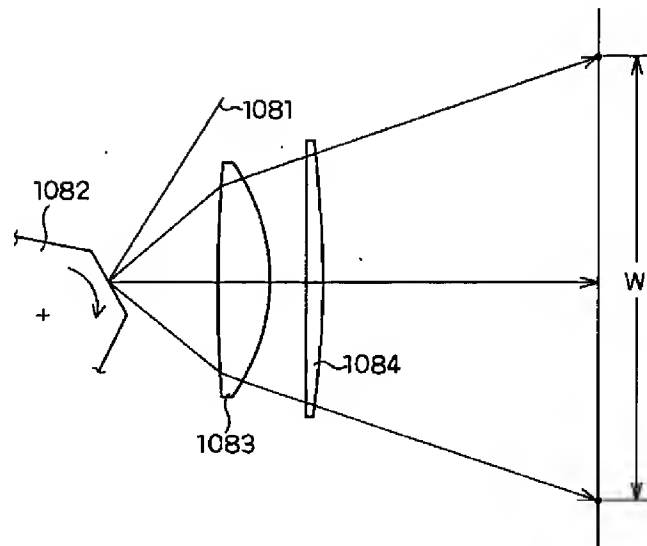


【図107】

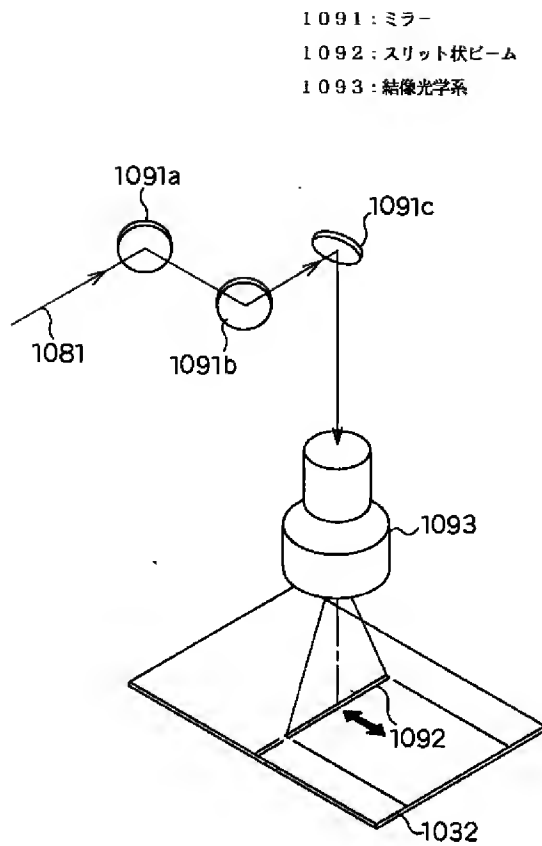


【図108】

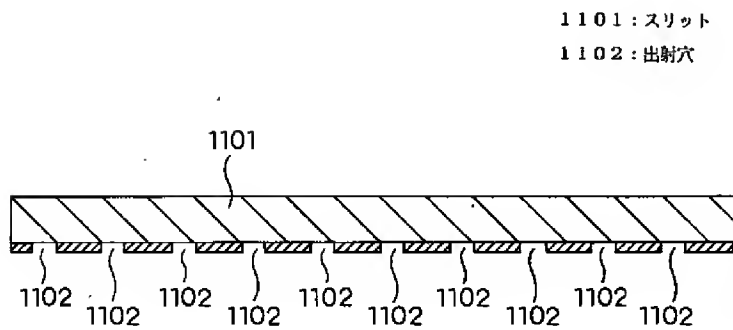
- 1081: レーザ光  
 1082: ポリゴンミラー  
 1083: 第1レンズ  
 1084: 第2レンズ



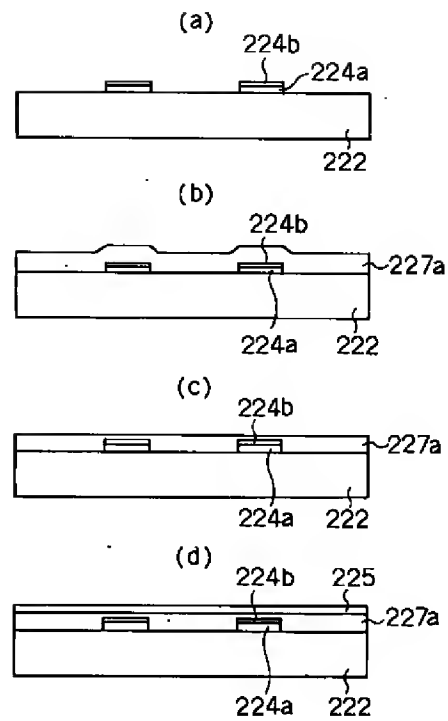
【図109】



【図110】

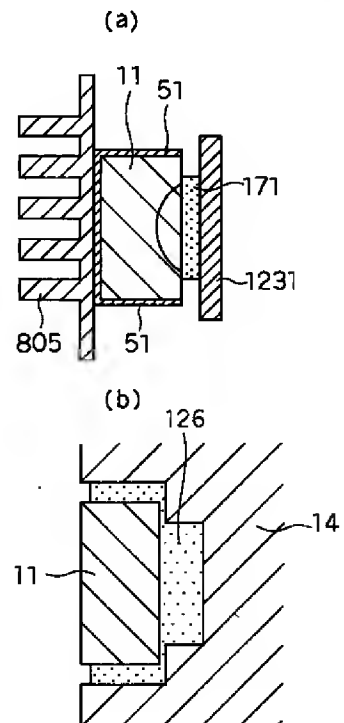


【図116】

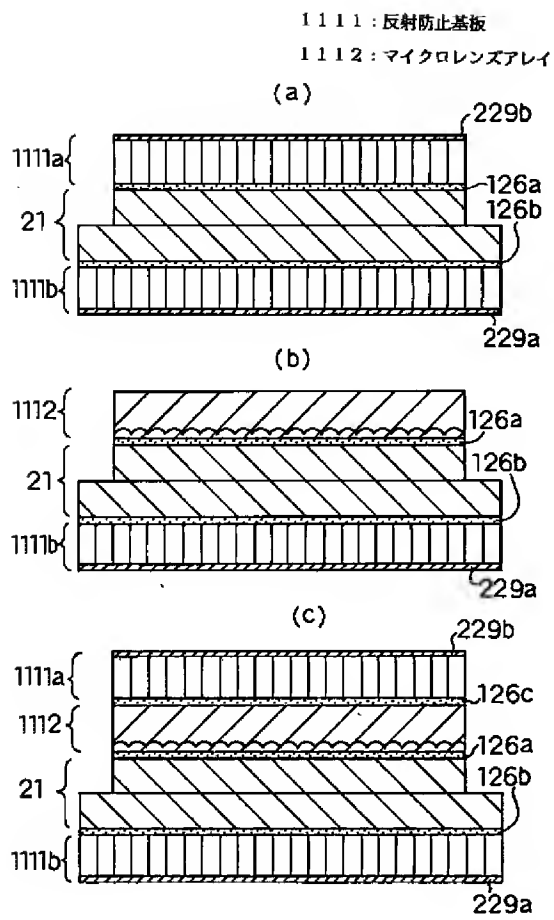


【図123】

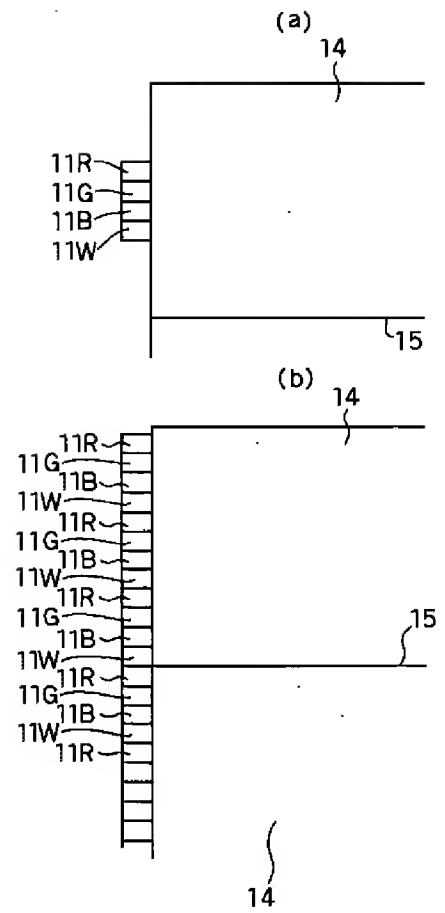
1231: 色フィルタ



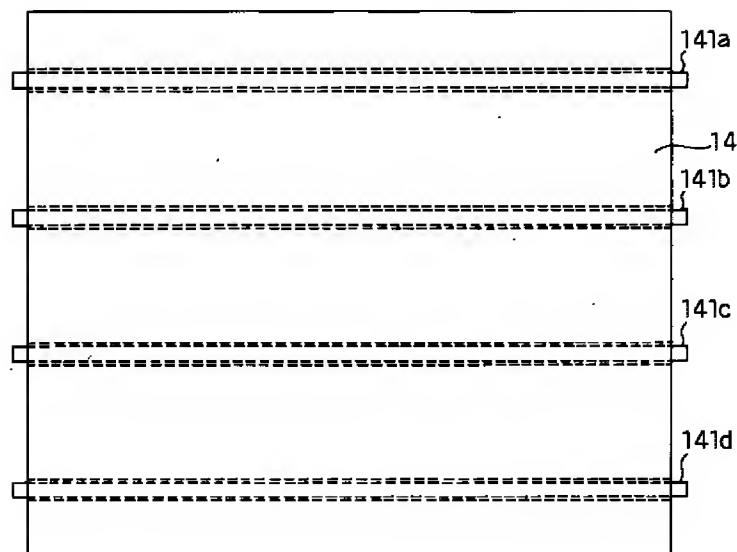
【図111】



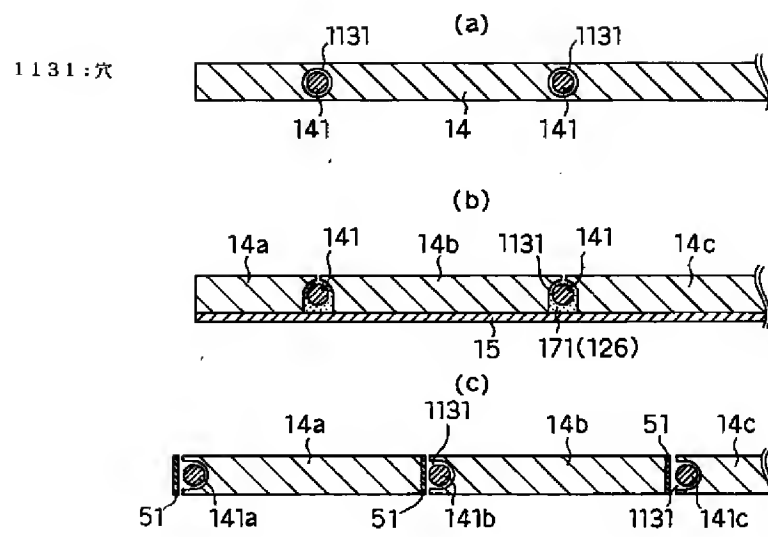
【図118】



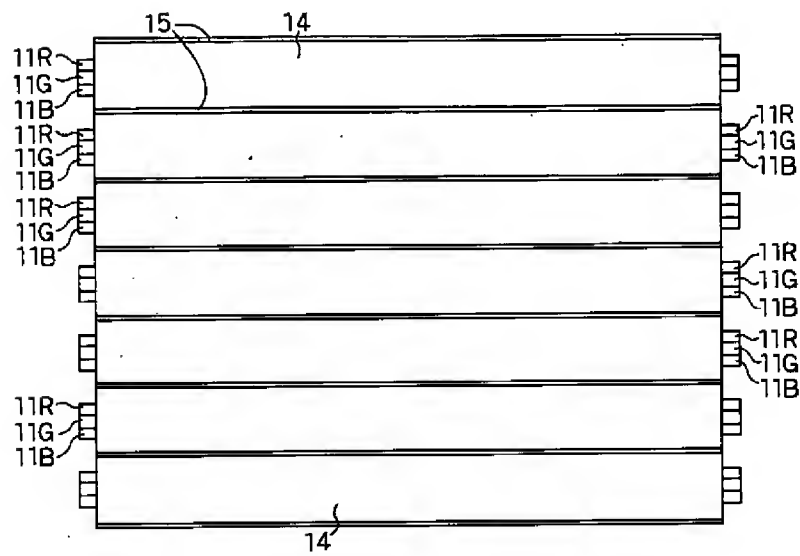
【図112】



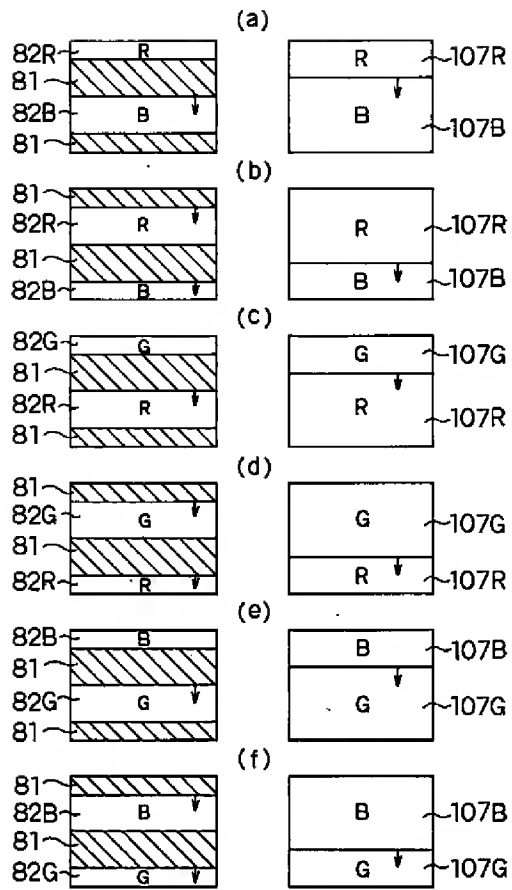
【図113】



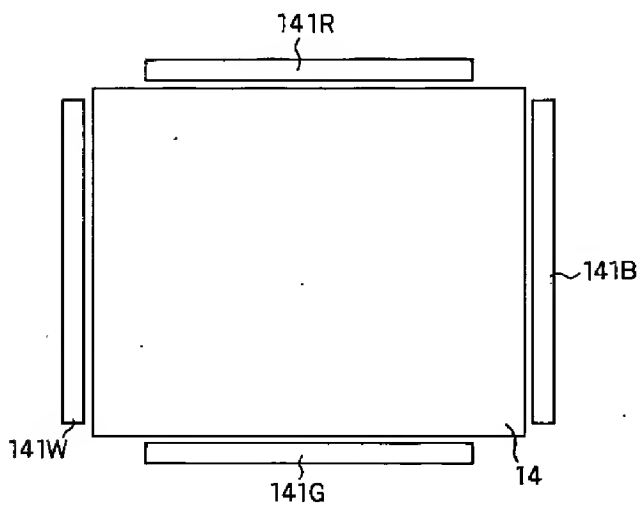
【図117】



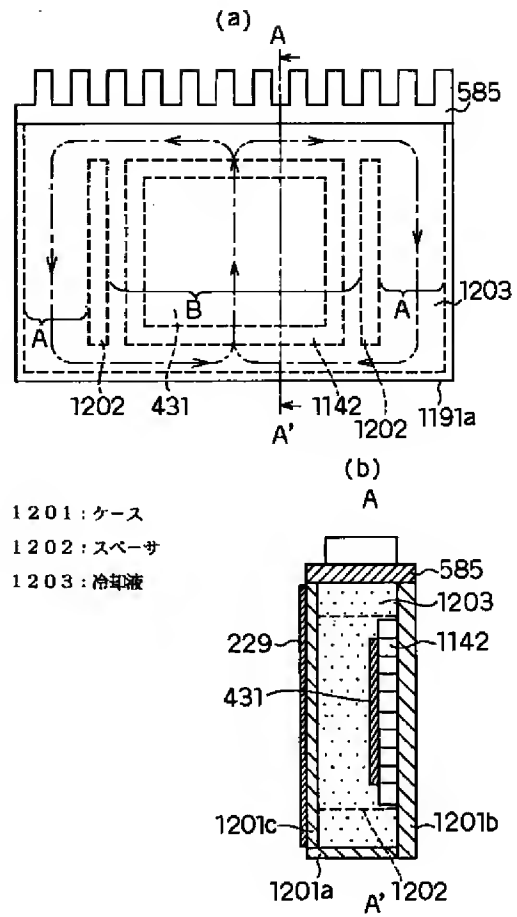
【図119】



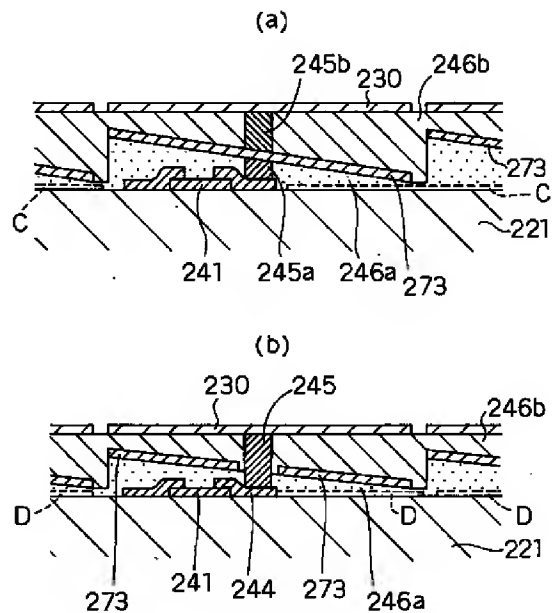
【図121】



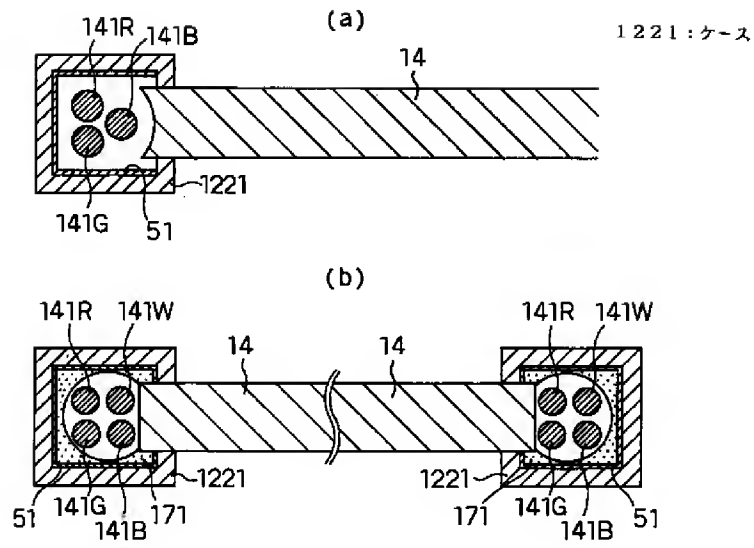
【図120】



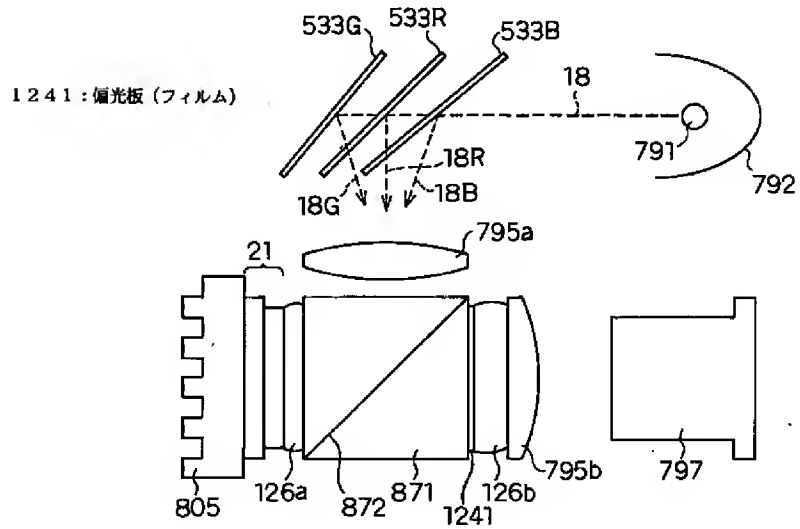
【図131】



【図122】

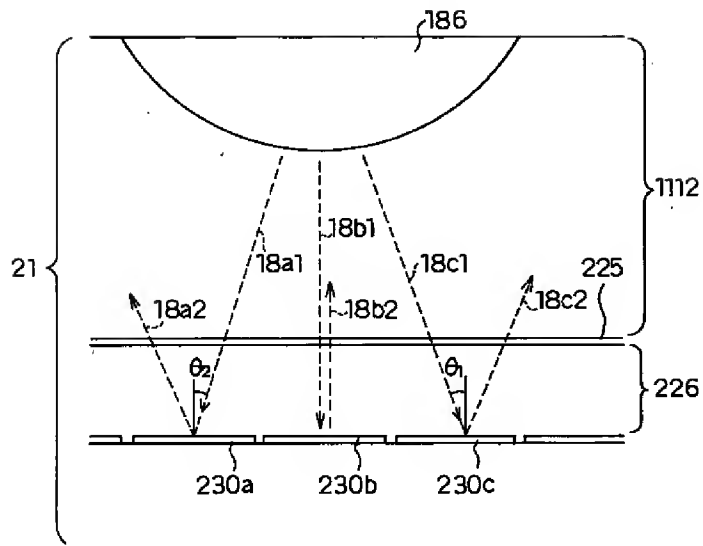


【図124】

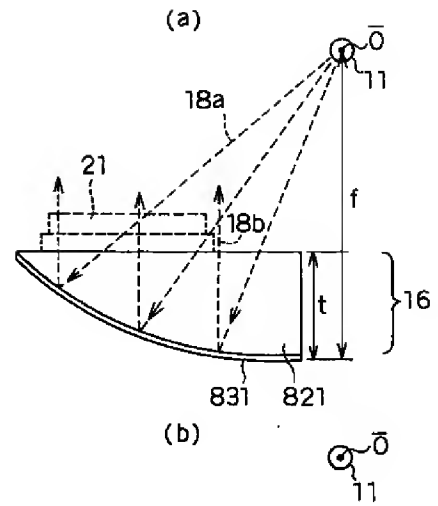




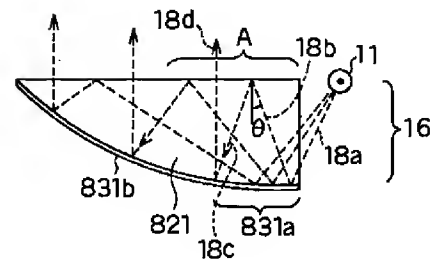
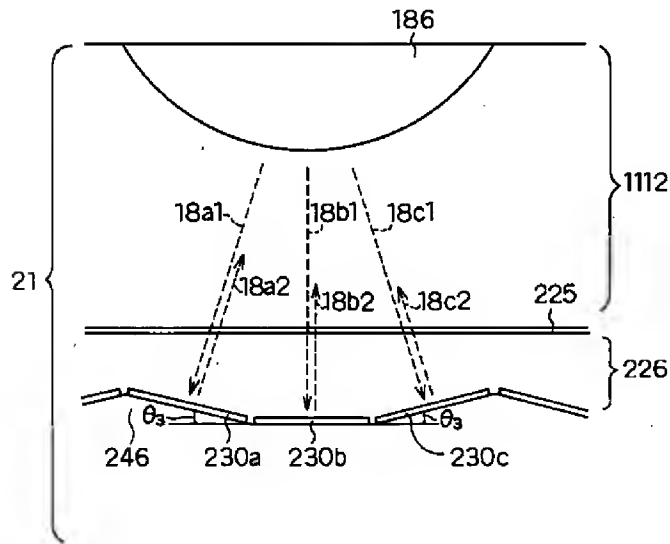
【図125】



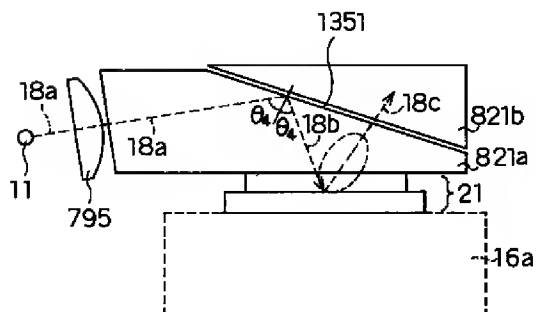
【図140】



【図126】

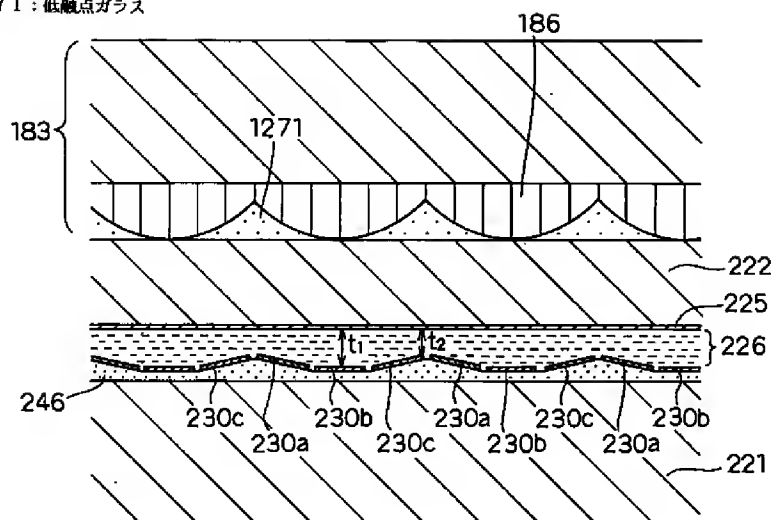


【図146】

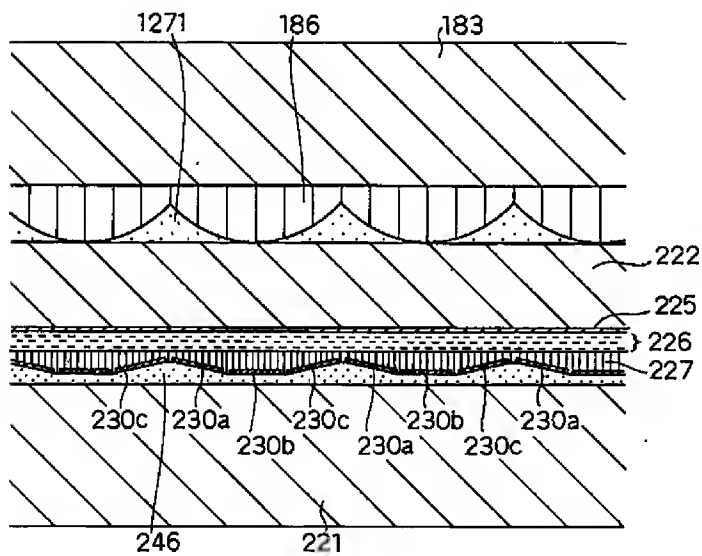


【図127】

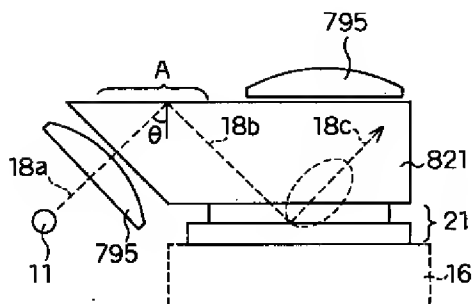
1271: 低融点ガラス



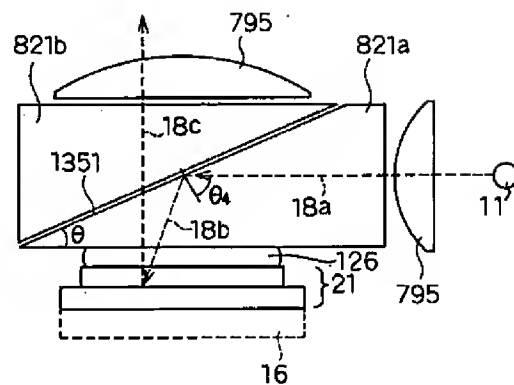
【図128】



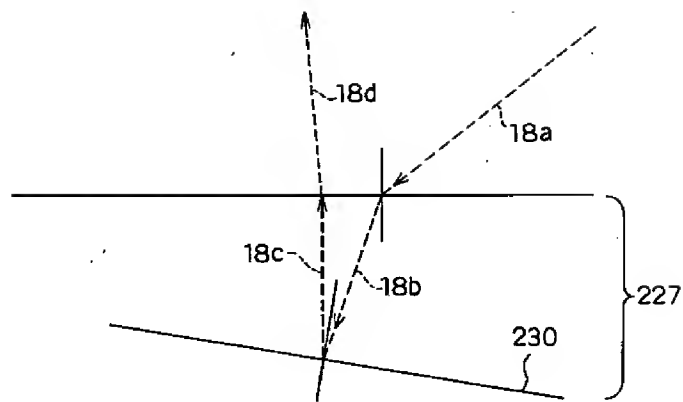
【図149】



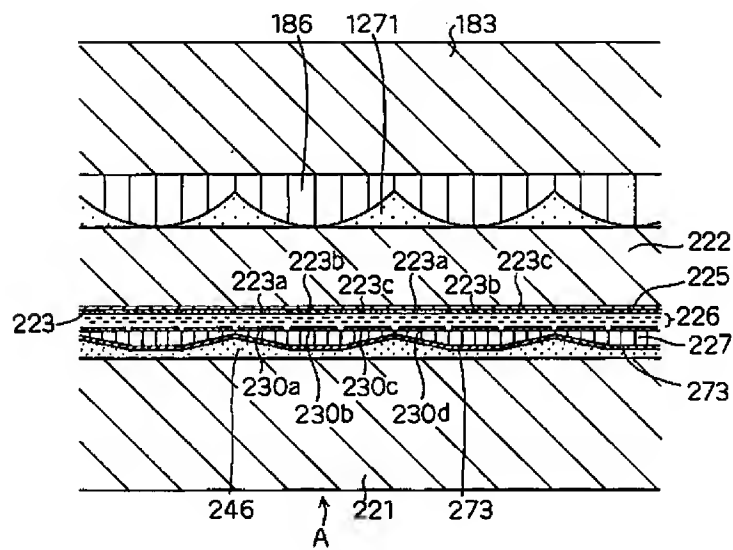
【図147】



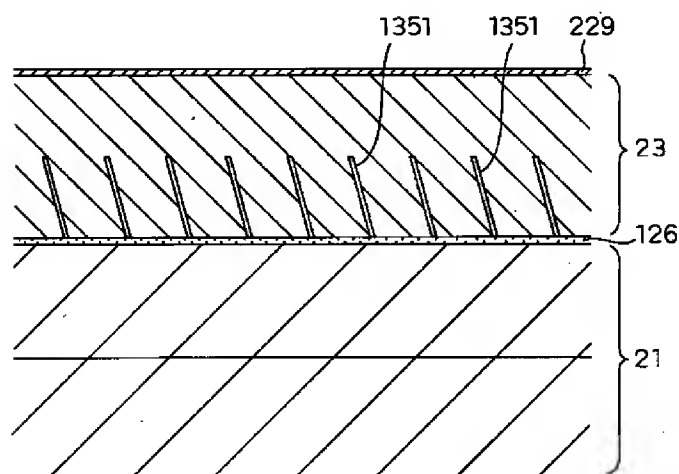
【図129】



【図130】

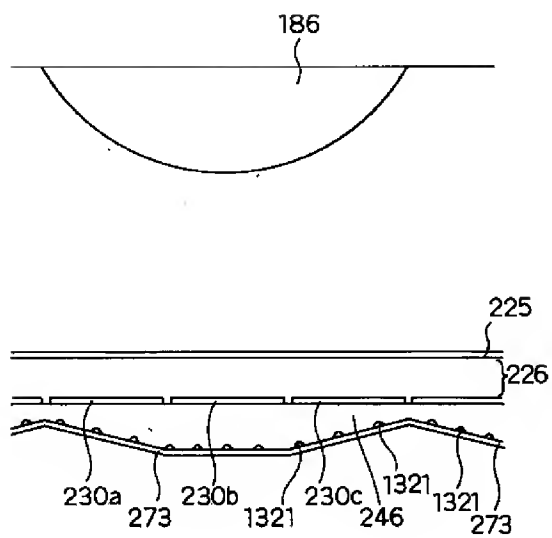


【図136】

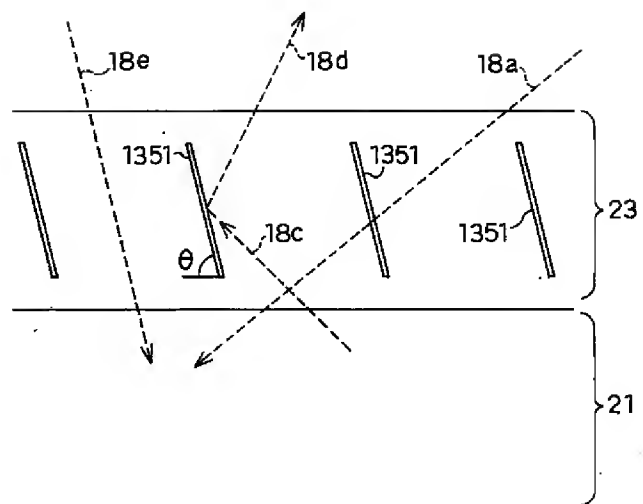


【図132】

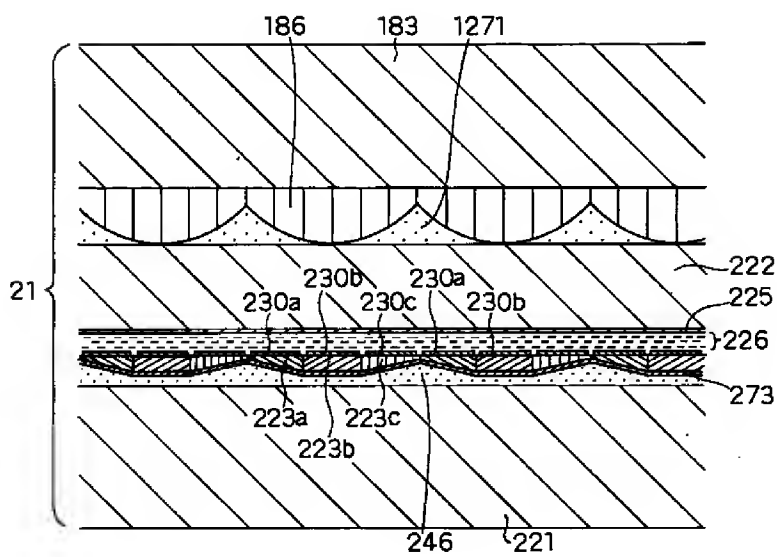
1321:微小凸部



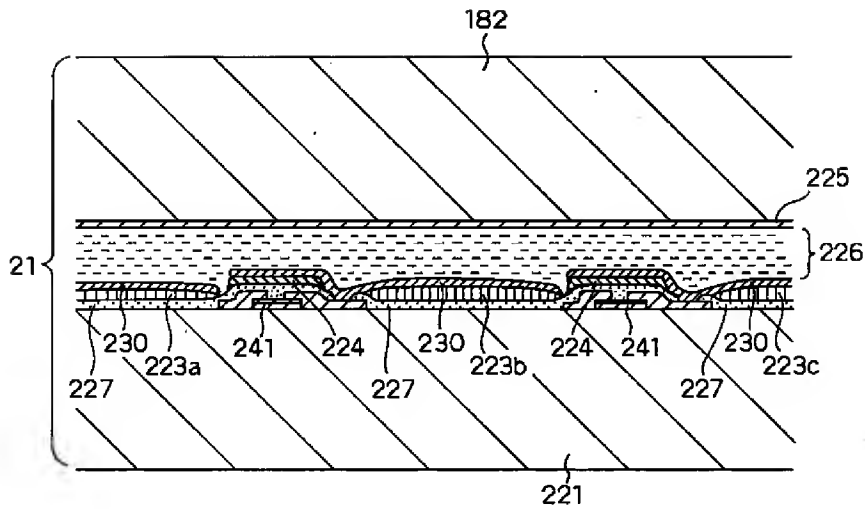
【図137】



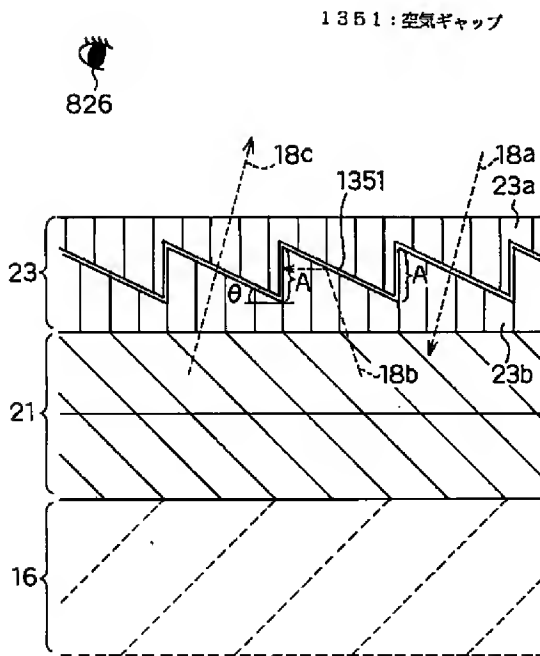
【図133】



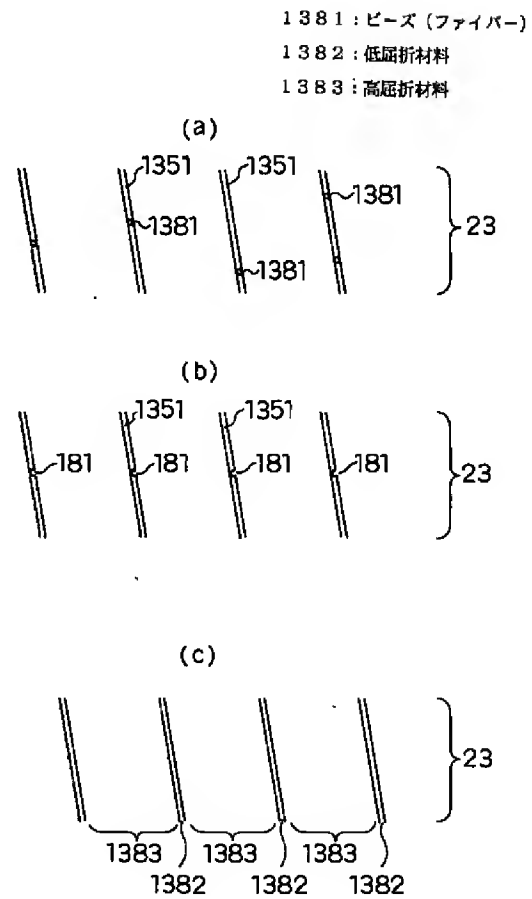
【図134】



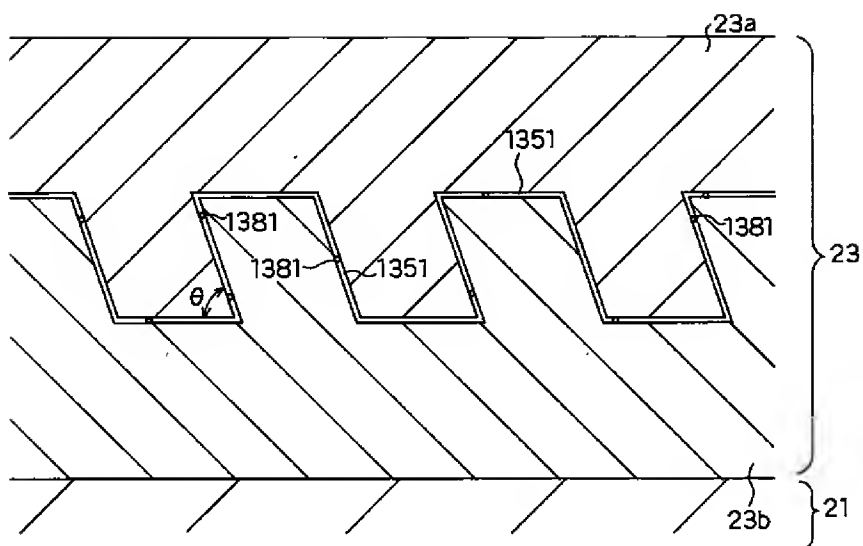
【図135】



【図138】



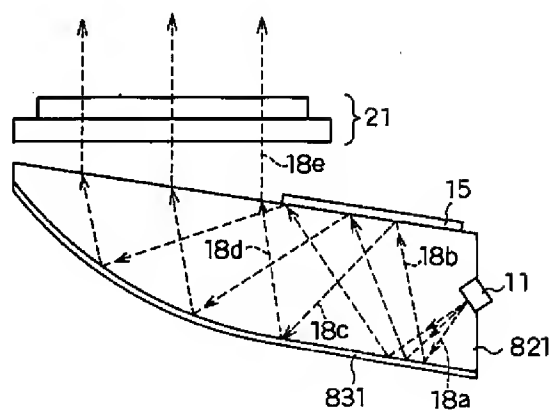
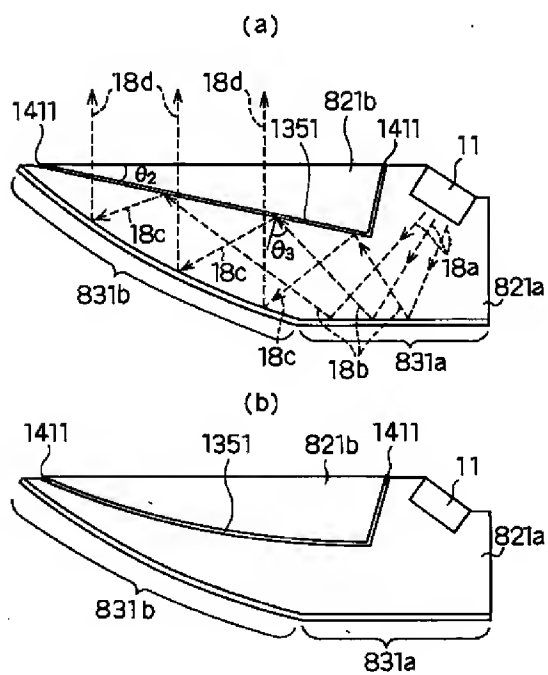
【図139】



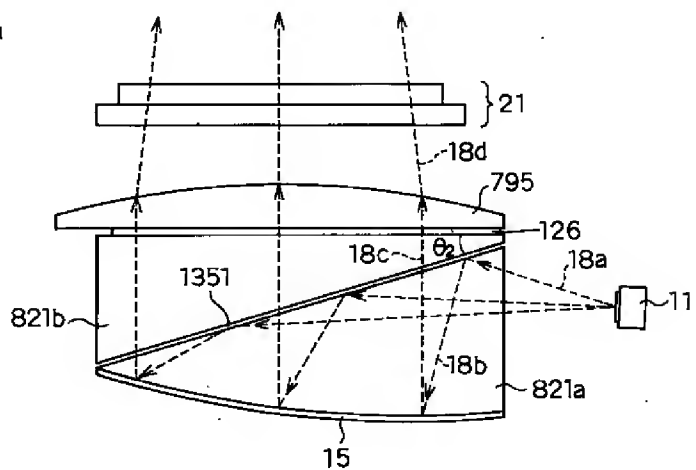
【図141】

【図143】

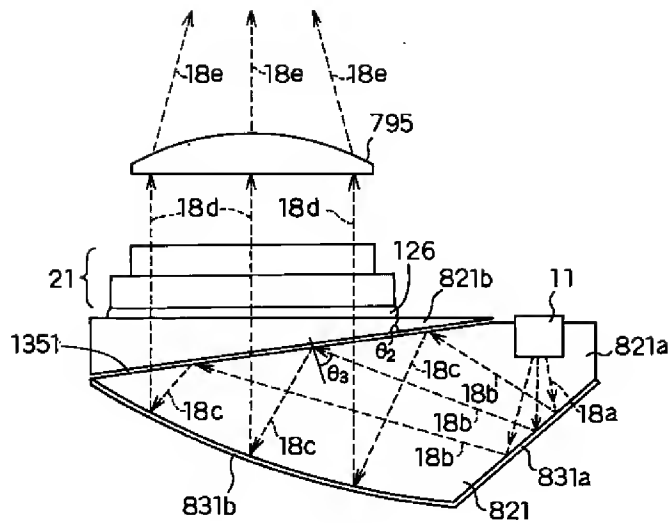
1411: 保持部



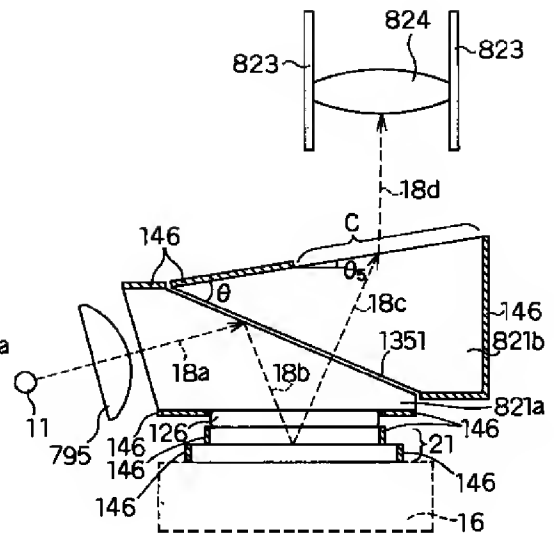
【図145】



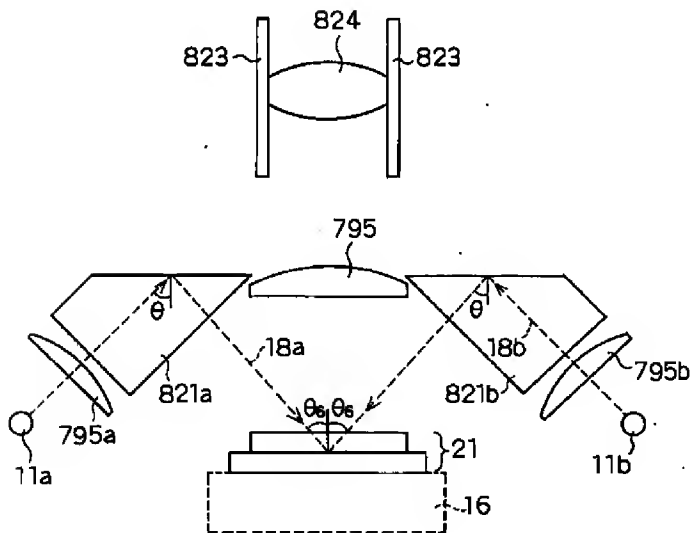
【図144】



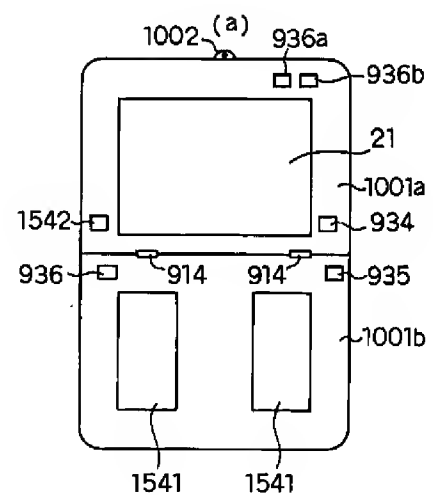
【図148】



【図150】



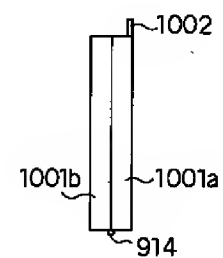
【図154】



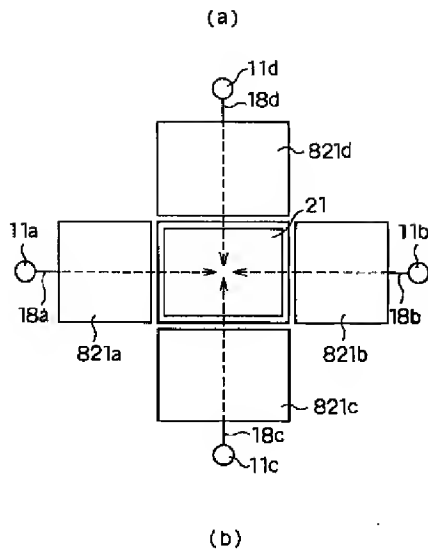
1541: スピーカ

1542: リモコン受信部

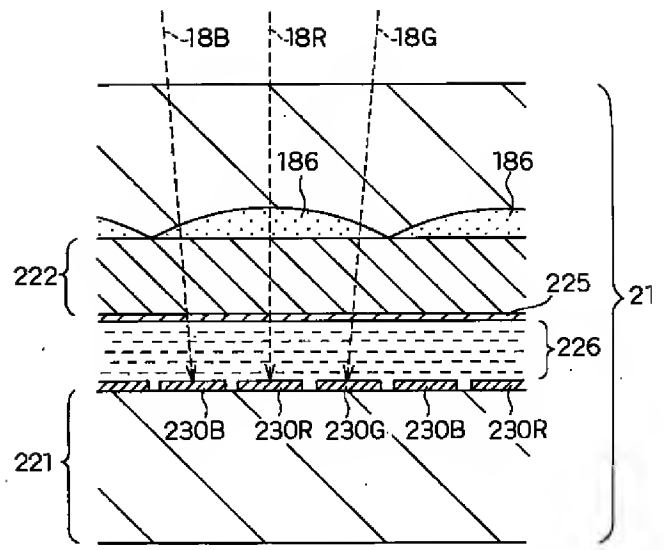
(b)



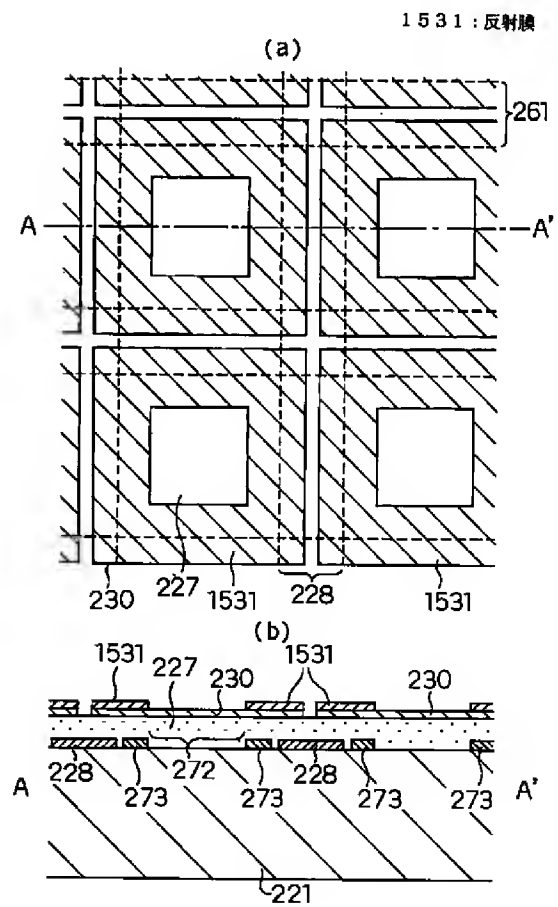
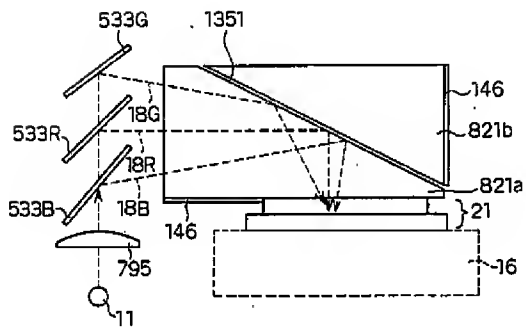
【図151】



【図152】



【図153】





【図155】

(a)

第1画素行	第1画素列	2	3	4	5	6	7	8	9	230
		R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	
		R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	
		R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	
		R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	
		R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	
		R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	B <sub>+</sub>	R <sub>+</sub>	G <sub>-</sub>	

(b)

R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	230
R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	
R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	
R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	
R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	
R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	R <sub>-</sub>	G <sub>+</sub>	B <sub>-</sub>	

フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 9 F 9/30	3 3 8	G 0 9 G 3/20	6 4 1 E
G 0 9 G 3/20	6 4 1		6 4 2 A
	6 4 2		6 6 0 V
	6 6 0	3/36	
3/36		H 0 4 N 5/225	B
H 0 1 L 29/786		5/66	1 0 2 A
H 0 4 N 5/225		F 2 1 Y 101:02	
5/66	1 0 2	G 0 2 F 1/1335	5 3 0
// F 2 1 Y 101:02		H 0 1 L 29/78	6 1 2 B

**FLUORESCENT PASTE AND MEMBER FOR DISPLAY AND DISPLAY**

**Patent number:** JP2001316664  
**Publication date:** 2001-11-16  
**Inventor:** OKUYAMA KENTARO; NOBUMASA HITOSHI;  
WATANABE OSAMU; SHIMIZU KAZUHARU;  
KAWABATA NOBORU  
**Applicant:** TORAY INDUSTRIES  
**Classification:**  
- international: **C09K11/64; C09K11/02; G09F9/30; H01J11/02;  
C09K11/64; C09K11/02; G09F9/30; H01J11/02; (IPC1-  
7): C09K11/64; C09K11/02; G09F9/30; H01J11/02**  
- european:  
**Application number:** JP20010057873 20010302  
**Priority number(s):** JP20010057873 20010302; JP20000058423 20000303

**Report a data error here**

**Abstract of JP2001316664**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a fluorescent paste for displays comprising an aluminate fluorescent substance prepared by activating bivalent europium, which allows little reduction in the luminous intensity and shift in the chromaticity in a paste-calcining step and yields a panel showing a high luminous brightness by improving the base composition, and a display. **SOLUTION:** The fluorescent paste for displays contains a fluorescent powder and a resin component, wherein the fluorescent powder comprises an aluminate fluorescent substance prepared by activating bivalent europium wherein aluminum elements are excessive against a stoichiometric composition. The member for displays and a display are formed using the fluorescent paste for displays.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-316664  
(P2001-316664A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
C 0 9 K 11/64	C P M	C 0 9 K 11/64	C P M
		11/02	Z
G 0 9 F 9/30	3 4 9	G 0 9 F 9/30	3 4 9 Z
H 0 1 J 11/02		H 0 1 J 11/02	B

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-57873 (P2001-57873)  
(22) 出願日 平成13年3月2日 (2001. 3. 2)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-58423 (P2000-58423)  
(32) 優先日 平成12年3月3日 (2000. 3. 3)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003159  
東レ株式会社  
東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号  
(72) 発明者 奥山 健太郎  
滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内  
(72) 発明者 信正 均  
滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内  
(72) 発明者 渡邊 修  
滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスプレイ用蛍光体ペースト、ディスプレイ用部材およびディスプレイ

(57) 【要約】

【課題】 2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体において、母体組成を改良することでペースト焼成工程における発光強度の低下ならび色度ずれが少なく、パネル発光輝度が高いディスプレイ用蛍光体ペーストおよびそれを用いたディスプレイ部材ならびディスプレイを提供することを目的とする。

【解決手段】 蛍光体粉末と樹脂成分を含有する蛍光体ペーストであって、蛍光体粉末が化学量論組成に対してアルミニウム元素が過剰な組成の2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体であることを特徴とするディスプレイ用蛍光体ペーストである。また本発明は、上記のディスプレイ用蛍光体ペーストを用いて形成したことを特徴とするディスプレイ用部材およびディスプレイである。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 蛍光体粉末と樹脂成分を含有する蛍光体ペーストにおいて、蛍光体粉末が、2 価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体であって、かつ化学量論組成に対してアルミニウム元素が過剰な組成であることを特徴とするディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項 2】 アルミニウム元素の過剰量が化学量論組成量に対して 10%以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項 3】 アルミン酸塩の化学量論組成式が  $M Mg Al_{10} O_{17}$  であり、かつ M が少なくとも Ba、Sr および Ca の少なくとも 1 種からなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項 4】 マグネシウム元素の量が化学量論組成量に対して 90～100%であることを特徴とする請求項 3 に記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項 5】 2 価のユーロピウムの置換量が M 元素に対して 5～20 atm%であることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項 6】 樹脂成分がセルロース系樹脂またはアクリル系樹脂であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項 7】 ディスプレイが、プラズマディスプレイパネル、電子放出素子を用いた画像形成装置あるいは蛍光表示管素子を用いた画像形成装置であることを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項 8】 請求項 1～7 のいずれかに記載のディスプレイ用蛍光体ペーストを用いて形成されたことを特徴とするディスプレイ用部材。

【請求項 9】 請求項 8 に記載のディスプレイ用部材を用いてなることを特徴とするディスプレイ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、プラズマディスプレイ（以下、PDP と略す）、電子放出素子（フィールドエミッション、FE）あるいは蛍光表示管素子（VFD）を用いた画像形成装置などの蛍光体層を形成するディスプレイ用蛍光体ペーストに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 薄型・大型テレビに使用できるディスプレイとして、PDP が注目されている。PDP の構造例の分解斜視図を図 1 に示す。PDP は、例えば、表示面となる前面板側のガラス基板には、対をなす複数のサステイン電極とスキャン電極が銀、銅クロム、アルミニウム、ニッケルやITO等の材料で形成されている。さらにサステイン電極とスキャン電極を被覆してガラスを主成分とする誘電体層が形成され、誘電体層を被覆して MgO 層が形成されている。一方、背面板側のガラス基板には、複数のアドレス電極がストライプ状に形成され、

アドレス電極を被覆して誘電体層が形成されている。誘電体層上に放電セルを仕切るための隔壁が形成され、隔壁と誘電体層で形成された放電空間内に蛍光体層が形成されてなる。フルカラー表示が可能な PDP においては、蛍光体層は、RGB の各色に発光するものにより構成される。前面板側のガラス基板のサステイン電極と背面板側のアドレス電極が互いに直交するように、前面板と背面板が封着され、それらの基板の間隙内にヘリウム、ネオン、キセノンなどから構成される希ガスが封入され、スキャンドライバ IC、アドレスデータドライバ IC などの駆動回路が実装されて PDP が形成される。スキャン電極とアドレス電極の交点を中心として画素セルが形成されるので、PDP は複数の画素セルを有し、画像の表示が可能になる。

【0003】 PDP において表示を行う際、選択された画素セルにおいて、発光していない状態からサステイン電極とアドレス電極との間に放電開始電圧以上の電圧を印加すると電離によって生じた陽イオンや電子は、画素セルが容量性負荷であるために放電空間内を反対極性の電極へと向けて移動して MgO 層の内壁に帯電し、内壁の電荷は MgO 層の抵抗が高いために減衰せずに壁電荷として残留する。

【0004】 次に、スキャン電極とサステイン電極の間に放電維持電圧を印加する。壁電荷のあるところでは、放電開始電圧より低い電圧でも放電することができる。放電により放電空間内のキセノンガスが励起され、147nm の紫外線が発生し、紫外線が蛍光体を励起することにより、発光表示が可能になる。

【0005】 このような PDP の蛍光体層は、紫外線でも励起発光する蛍光体粒子を含むペーストならびペーストをシート状にしたものをパネル基板に配置し、その後 500℃前後で焼成し、ペースト中の有機バインダー成分を焼失させる工程を通して形成させる。PDP をより高い表示品位にするために、蛍光体層の発光強度や発光効率の向上が望まれている。しかし、上記ペースト焼成工程においては、特に 2 価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体を使用した青色蛍光体の発光強度の低下ならび色度ずれが大きく、パネル発光輝度の低下、白色色温度の低下が起これ問題となっている。

【0006】 これに対し蛍光体粒子自体の改善としては、特開平 8-85787 号公報には 2 価のユーロピウム賦活アルミン酸塩蛍光体に In を添加することで、アルミン酸塩蛍光体の結晶中のスピネルブロック間に In が 1 価あるいは 2 価の形で存在し、焼成時に 2 価のユーロピウムが酸化する代わりに酸化されることにより発光強度の低下を抑制させることが示されている。また、特開平 8-143863 号公報には Sm、Tm、Yb の少なくとも 1 種を添加することで、Sm、Tm、Yb の少なくとも 1 種がアルミン酸塩蛍光体の結晶中のスピネルブロック間に 2 価の形で存在し、同様に発光強度の低下

を抑制させることが示されている。また、National Technical Report Vol.43 No.2 Apr.1997では焼成による発光強度の低下を抑制するには副生成物の生成を抑えることが有効であり、良好な結晶性を有する化学量論組成の蛍光体により実現できることが示されている。また、特開平11-246856号公報には2価のユーロピウムを賦活量を置換対象のバリウム元素に対して置換量を8atm%に限定することにより発光強度の低下を抑制させることが示されている。

【0007】一方、上記問題に対して蛍光体ペーストでの改善方法としては、特開平10-324869号公報で有機バインダー樹脂として特定のメタクリル酸エステル共重合体を使用することにより、有機物分解による蛍光体の構造変化を抑制し、輝度低下を防止することが示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしこれら手段によっても、まだ発光強度の低下の抑制効果は不十分であった。アルミン酸塩蛍光体の発光は、例えばPDPでは147nmの紫外線のエネルギーを母体結晶が吸収してそのエネルギーを発光中心となる発光イオンに伝達し励起させ、発光イオンが発光準位から基底準位に戻るときに光を放出することで起こる。したがって、発光イオン自身やその近傍の変化のみならず母体結晶の変化が発光強度に大きく影響してくる。つまり、蛍光体粒子自体の焼成による劣化のみならず、ペーストの他の成分や外的な要素によりペーストとして焼成したことにより、母体結晶中の欠陥や不純物元素の増加があり蛍光体層の発光強度の低下が起これと考え、検討の結果、母体組成が蛍光体粒子自体の輝度低下の重大な要素であることを見出した。

【0009】そこで、本発明は、2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体において、母体となるアルミン酸塩の組成を改良することで、焼成工程における発光強度の低下ならび色度ずれが少なく、パネル発光輝度が高いディスプレイ用蛍光体ペーストおよびそれを用いたディスプレイ部材ならびディスプレイを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明は、蛍光体粉末と樹脂成分を含有する蛍光体ペーストにおいて、蛍光体粉末が、2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体であって、かつ化学量論組成に対してアルミニウム元素が過剰な組成であることを特徴とするディスプレイ用蛍光体ペーストである。

【0011】また本発明は、上記のディスプレイ用蛍光体ペーストを用いて形成したことを特徴とするディスプレイ用部材およびそれを用いてなることを特徴とするディスプレイである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施の形態について説明する。まず本発明のディスプレイ用蛍光体ペーストについて説明する。PDPに蛍光体層を形成するときは蛍光体ペーストそのものを塗布し形成する以外にも、蛍光体ペーストを一度シート状にしたものを用いてもかまわない。

【0013】本発明の蛍光体ペーストは、蛍光体粉末と樹脂成分を必須成分とし、適当な溶媒（有機溶剤等）に分散および溶解したものである。蛍光体粉末と樹脂成分の含有量は、乾燥状態の蛍光体ペーストに対して、蛍光体粉末が70～95重量%と樹脂成分5～30重量%であることが好ましい。より好ましくは蛍光体粉末が80～90重量%、樹脂成分が10～20重量%である。樹脂成分が少なすぎる場合には、ペースト中の蛍光体粉末の分散安定性、ペーストの粘度や流動性、塗布膜の膜厚保持性などを得ることができなくなる傾向にある。また、樹脂成分が多すぎると、焼成による樹脂成分の除去が不完全になり残渣として残り発光強度が低下する傾向にあり、また焼成で有機成分を除去するのに時間を要し、蛍光体粒子自体の焼成劣化が増大する傾向にある。

【0014】本発明の蛍光体ペーストの蛍光体粉末は、2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体であって、かつ化学量論組成に対してアルミニウム元素が過剰な組成であることが必要である。アルミニウム元素を化学量論組成に対して過剰にすることで、蛍光体粉末を樹脂成分と溶媒等により分散させペースト化した後、樹脂成分などの有機バインダー成分を焼失させるため大気中で焼成することで起こる発光強度の低下が抑えられる。この発光強度の低下は、アルミン酸塩に賦活した2価のユーロピウムが大気中で焼成により酸化され3価となり、アルミン酸塩の母体結晶が紫外線を吸収し伝達されてきたエネルギーを発光せずに、無輻射で基底状態に遷移するため発生すると推定されている。また、粉末のみを焼成する場合と比較して、ペーストにして焼成した場合の方がより大きく発光強度が低下するが、これは母体結晶自体が熱劣化し、励起紫外線領域（PDPでは147nm付近）での吸収、エネルギー伝達が低下するためと推定される。2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体粉末は後述するように還元雰囲気中で作成するため、化学量論組成に対して酸素が不足する、すなわち酸素欠損が生じやすいと考えられる。酸素欠損が生じるとトラップ準位が形成されるので発光せずに基底状態に遷移する確率が増えるので、発光強度が低下する傾向にあるだけでなく、大気中の焼成やペースト焼成により不足した酸素が母体内部に侵入しやすく、2価のユーロピウムが酸化され3価となりやすい。また、酸素欠損が生じると金属陽イオンの静電反発により格子定数が大きくなり、母体結晶の耐熱性が劣化しやすい。本発明の蛍光体ペーストは、化学量論組成に対してアルミニウム元素が過剰な組成であるので、蛍光体粉末作成後におけ

る酸素の含有量が多く、すなわち酸素欠損量が少なく、特に発光領域となる蛍光体粉末表層（表面から約100 nmまで）における母体結晶のペースト焼成による、熱劣化や、2価のユーロピウムの酸化が抑えられるものと推定している。

【0015】アルミニウム元素の過剰量は化学量論組成量に対して、10%以下であることが好ましい。過剰量が10%より大きいと、蛍光体粉末合成時に単一相にならず副生成物が発生し、発光強度の低下ならびに色度の $y$ 値が大きくなり、青色の色純度が低下しパネルでの色再現性範囲が狭くなる傾向がある。好ましくは化学量論組成量に対して0.1~9.5%の範囲内である。より好ましくは1~9%の範囲内であり、さらに好ましくは2~8%の範囲内である。

【0016】化学量論組成のアルミン酸塩としては、例えば、 $\text{MMgAl}_{14}\text{O}_{23}$ 、 $\text{MMgAl}_{10}\text{O}_{17}$ 、 $\text{MMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}$ 、 $\text{MMg}_2\text{Al}_{14}\text{O}_{24}$ 、 $\text{M}_2\text{Mg}_2\text{Al}_{12}\text{O}_{22}$ 、 $\text{M}_3\text{Mg}_4\text{Al}_8\text{O}_{18}$ 、 $\text{M}_3\text{Mg}_5\text{Al}_{18}\text{O}_{25}$ などが挙げられる。実際に作成されるアルミン酸塩蛍光体では化学量論組成に比べて酸素が少なくなる傾向にあるが、ここでは、化学量論組成式を挙げた。MはBa、SrおよびCaの少なくとも1種からなることが好ましい。好ましくは、 $\text{MMgAl}_{10}\text{O}_{17}$ の原子式のアルミン酸塩がパネル点灯時の発光強度低下ならびに色度ずれが少ないので良い。

【0017】マグネシウム元素の量が化学量論組成量に対して90~100%であることが好ましい。マグネシウム元素がこの範囲にあることで、母体結晶の耐熱性が向上し、ペースト焼成での輝度劣化が抑制される傾向にある。マグネシウム元素が90%よりも少ない場合や100%よりも多い場合には、ペースト焼成による輝度劣化が大きくなりやすい。

【0018】2価のユーロピウムの置換量がM元素に対して5~20atm%の範囲内であることが好ましい。置換量が5atm%より小さいと、パネル点灯時の紫外線照射により2価のユーロピウムとの近傍に深いエネルギー準位をもつ電子トラップが形成されて、発光強度低下および色度ずれが大きくなることもある。置換量が20atm%より大きくなると焼成による発光強度の低下および色度ずれが大きくなることもあり、また、50atm%以上では濃度消光により未焼成の蛍光体粉末まで発光強度が低下する傾向にある。

【0019】蛍光体粉末は、例えば以下の方法で合成できる。蛍光体原料として、酸化バリウム、水酸化バリウム、炭酸バリウム等のバリウム化合物、酸化ストロンチウム、水酸化ストロンチウム、炭酸ストロンチウム等のストロンチウム化合物、酸化カルシウム、水酸化カルシウム、炭酸カルシウム等のカルシウム化合物、酸化ユーロピウム、フッ化ユーロピウム等のユーロピウム化合物、酸化マグネシウム、水酸化マグネシウム、炭酸マグ

ネシウム等のマグネシウム化合物、酸化アルミニウム、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物等を組成合わせて所定量秤量し、フッ化バリウム、フッ化アルミニウム、フッ化マグネシウム等のフラックスを配合し、原料混合物を十分にボールミル等で混合する。得られた混合物を坩堝に充填し、窒素あるいは窒素水素等の還元雰囲気にて、通常1400℃~1650℃の温度で2~40時間かけて1回以上焼成する。好ましくは2回以上焼成する。還元雰囲気中で焼成することによりユーロピウムを3価から2価に還元する。この焼成物に分散、洗浄、乾燥、分級を行い、本発明で使用する2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体を得ることができる。また、蛍光体ペースト中での分散性向上やさらに焼成による発光強度の低下を抑制するため無機物、有機物を蛍光体粒子粉末の表面に被覆する表面処理を行っても良い。

【0020】蛍光体粉末の粒子径は、レーザー回折散乱法（例えばマイクロトラック製HRA粒度分布計を用いた湿式測定）で測定される累積平均粒子径D50が0.5~10 $\mu\text{m}$ の範囲内、さらには1~5 $\mu\text{m}$ の範囲内であることが好ましい。平均粒径を0.5 $\mu\text{m}$ 以上とすることで粉末の凝集性を抑え、ペーストの塗布性を良好なものとし、塗布膜および焼成後の蛍光体層の緻密性や均質性をより良好なものとして行うことができる。10 $\mu\text{m}$ 以下とすることで焼成後の蛍光体層表面の凹凸を抑え、発光の乱反射による輝度の低下や輝度のばらつきをより防ぐことができる。

【0021】また、蛍光体粉末の最大粒子径は40 $\mu\text{m}$ 以下、さらには20 $\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。最大粒径を40 $\mu\text{m}$ 以下とすることで焼成後の蛍光体層の凹凸をより抑えることができる。さらに20 $\mu\text{m}$ 以下にすることは、粉末の充填性にも好ましい。また、最大粒径は、蛍光体ペーストの塗布方法とも関わり、スクリーン印刷法の場合はメッシュの開口率に関係し、ノズル吐出法などのノズル径と関係してくるので、これらの点を考慮することが肝心である。蛍光体粉末の形状としては、凝集を抑える点から球状に近いものの方がより好ましく使用できる。

【0022】蛍光体粉末の比表面積は粒子の径や粒子形状にも関係するが、1.2~4.0 $\text{m}^2/\text{g}$ であることが好ましい。1.2 $\text{m}^2/\text{g}$ 以上とすることで、粒子が粗くならずペースト塗布膜を緻密なものとし、また蛍光体層表面の凹凸をより抑えることができる。比表面積を4.0 $\text{m}^2/\text{g}$ 以下とすることにより、粒子が細くなりすぎ凝集をより抑えることができる。

【0023】また、蛍光体粉末のタップ密度を0.6 $\text{g}/\text{cm}^3$ 以上、さらには0.7 $\text{g}/\text{cm}^3$ 以上とすることが好ましい。タップ密度とは、JIS Z 2500（2045）に記載の通り、振動させた容器内の粉末の単位体積当たりの質量である。タップ密度を0.6 $\text{g}/\text{cm}^3$

10

20

30

40

50

<sup>3</sup>以上とすることで粉末のペーストへの充填性や分散性がよくなり、気泡や凝集物を生じにくくなるため、より緻密かつ均質な塗布膜の形成に寄与する。また、スムーズな脱バインダーが可能となり、蛍光体層の焼成時間を短く抑え、発光強度の低下をより抑えることができる。

【0024】本発明の蛍光体ペーストの樹脂成分は、蛍光体粉末の発光強度の劣化の少ない通常400～500℃程度の比較的低温で焼成される熱可塑性樹脂が好ましく、このような低温で焼成できる樹脂成分として、メチルセルロース、エチルセルロース、プロピルセルロース、ヒドロキシメチルセルロース、ヒドロキシルエチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、ヒドロキシルエチルプロピルセルロース等のセルロース系樹脂ならびポリメチルメタクリレート、ポリーイープロピルメタクリレート、ポリーイーブチルメタクリレートや必要に応じてこれらの塗布性や熱分解性を改善するために、これらにメチル（メタ）アクリレート、エチル（メタ）アクリレート、プロピル（メタ）アクリレート、ブチル（メタ）アクリレート、ヘキシル（メタ）アクリレート、2-エチルヘキシル（メタ）アクリレート、ベンジル（メタ）アクリレート、ジメチルアミノエチル（メタ）アクリレート、ヒドロキシルエチル（メタ）アクリレート、ヒドロキシプロピル（メタ）アクリレート、ヒドロキシブチル（メタ）アクリレート、フェノキシ2-ヒドロキシプロピル（メタ）アクリレート、グリシジル（メタ）アクリレート等のアクリル系モノマーを共重合させたアクリル系樹脂等を用いることができる。

【0025】本発明の蛍光体ペーストの溶媒は、樹脂成分と分離しない有機溶媒であればよく、アルコール類、エーテル類、エステル類などおよびその混合系が好ましい。特に、バインダー樹脂をよく溶解すると共に、蛍光体粉末を十分に分散させ、塗布性が優れていることからテルビネール（タービネオール）を用いることが好ましい。市販のテルビネオールは3つの異性体の混合物であり、沸点217～219℃の液体である。また、蛍光体ペーストの粘度調整をするため、テルビネオールに沸点が同程度の芳香族系アルコール、例えばベンジルアルコールを混合することが好ましい。

【0026】本発明の蛍光体ペーストは、フォトグラフィー法による形成する場合、感光性を付与させるために、感光性モノマーとして炭素-炭素不飽和結合を含有する化合物とベンゾフェノンなどの光重合開始剤ならび光散乱を抑えるスダン4等の有機染料を含有してもよい。

【0027】本発明の蛍光体ペーストは、さらに必要に応じて、アニオン性や非イオン性界面活性剤等の有機化合物分散剤や、高級脂肪族系アルコール、可塑剤（例えば、ジブチルフタレート、ジオクチルフタレート、ポリエチレングリコール、グリセル等）等を含有してもよい。

【0028】本発明の蛍光体ペーストは、攪拌機を用いてバインダー樹脂を溶媒中に加熱溶解（通常80℃程度）して作製したバインダー溶液に対し、蛍光体粉末を例えば3本ロール、ボールミル等の分散機を用いて混練することで、製造することができる。

【0029】次に本発明の蛍光体ペーストを用いたディスプレイ用部材ならびディスプレイ例のPDPについて作製手順に沿って説明するが、これらに特に限定されず、電子放出素子（フィールドエミッション、FE）あるいは蛍光表示管素子（VFD）を用いた画像形成装置などにも好ましく適用することができる。

【0030】（背面板）本発明のPDP用部材としての背面板に用いる基板としては、ソーダガラスの他にPDP用の耐熱ガラスである旭硝子社製の“PD200”や日本電気硝子社製の“PP8”を用いることができる。

【0031】ガラス基板上に銀やアルミニウム、クロム、ニッケルなどの金属によりアドレス電極を放電セルのピッチにてストライプ状に形成する。形成する方法としては、これらの金属の粉末と有機バインダーを主成分とする金属ペーストをスクリーン印刷でパターン印刷する方法や、有機バインダーとして感光性有機成分を用いた感光性金属ペーストを塗布した後に、フォトマスクを用いてパターン露光し、不要な部分を現像工程で溶解除去し、さらに、400～600℃に加熱・焼成して金属パターンを形成する感光性ペースト法を用いることができる。また、ガラス基板上にクロムやアルミニウム等の金属を蒸着した後に、レジストを塗布し、レジストをフォトマスクを用いてパターン露光・現像した後にエッチングにより、不要な部分の金属を取り除くエッチング法を用いることができる。

【0032】電極厚みは1～10μmが好ましく、2～5μmがより好ましい。電極厚みが薄すぎると抵抗値が大きくなり正確な駆動が困難となる傾向にあり、また消費電力も上昇する、厚すぎると材料が多く必要になり、コスト的に不利な傾向にある。アドレス電極の幅が細すぎると抵抗値が高くなり正確な駆動が困難となる傾向にあり、太すぎると隣合う電極間の距離が短くなるため、ショート欠陥が生じやすい傾向にある。さらに、アドレス電極は表示セル（画素の各RGBを形成する領域）に応じたピッチで形成される。通常のPDPでは100～500μm、高精細PDPにおいては100～250μmのピッチで形成するのが好ましい。

【0033】さらに、放電の安定化のためにアドレス電極層の上に誘電体層を設けても良い。

【0034】アドレス電極層を形成したガラス基板上に、電極層と平行に位置した隔壁をサンドブラスト法、型転写法、フォトリソグラフィー法等によって形成する。本発明に使用する隔壁の材料としては特に限定されず、珪素およびホウ素の酸化物を含有するガラス材料が適用される。また、屈折率が1.5～1.68のガラス

材料を70重量%以上含むことがフォトリソグラフィ法によって形成する場合有利である。

【0035】電極層および隔壁層を形成したガラス基板上に蛍光体層を、感光性蛍光体ペーストを用いたフォトリソグラフィ法、ディスペンサー法、スクリーン印刷法等によって形成する。本発明に使用する赤色と緑色の蛍光体材料は特に限定されず、蛍光体粉末が適用される。例えば、赤色では、 $Y_2O_3:Eu$ 、 $YVO_4:Eu$ 、 $(Y, Gd)BO_3:Eu$ 、 $Y_2O_3S:Eu$ 、 $\gamma-Zn_3(PO_4)_2:Mn$ がある。緑色では、 $Zn_2GeO_4:Mn$ 、 $BaAl_{12}O_{19}:Mn$ 、 $Zn_2SiO_4:Mn$ 、 $LaPO_4:Tb$ 、 $ZnS:Cu, Al$ 、 $Zn_2SiO_4:Mn, As$ 、 $(ZnCd)S:Cu, Al$ 、 $ZnO:Zn$ などがある。青色は、本発明の化学量論組成に対してアルミニウム元素が過剰な組成の2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体を用いる。このようにして、背面板を作製することができる。

【0036】(前面板)前面板に用いるガラス基板については、背面板に述べたものと同様である。

【0037】ガラス基板上に、酸化錫、ITOなどの透明電極をリフトオフ法、フォトリソグラフィ法などによって形成する。

【0038】透明電極を形成したガラス基板上に、銀やアルミ、銅、金、ニッケル等をスクリーン印刷や感光性導電ペーストを用いたフォトリソグラフィ法によって、バス電極層をパターン形成する。

【0039】透明電極およびバス電極を形成したガラス基板上に、透明誘電体層をスクリーン印刷法などにより形成する。本発明に使用する透明誘電体材料は特に限定されないが、 $PbO$ 、 $B_2O_3$ 、 $SiO_2$ を含有する誘電体材料が適用される。

【0040】さらに、透明誘電体層を保護し放電電圧を下げる目的で、透明誘電体層を覆う形で保護膜を形成する。保護膜には、一般にアルカリ土類金属の酸化物を用いることができる。特に $MgO$ は耐スパッタ性に優れ、2次電子放出係数が高いため、好ましく適用される。 $MgO$ 保護膜は電子ビーム蒸着法、 $Mg$ ターゲットの反応性スパッタ法、イオンプレーティング法で形成する。このようにして前面板を作製することができる。

【0041】(プラズマディスプレイ)これらプラズマディスプレイ用部材の背面板と前面板を用いて、背面板と前面板と封着後、前背面の基板間隔に形成された空間に、ヘリウム、ネオン、キセノンなどから構成される放電ガスを封入後、駆動回路を装着してプラズマディスプレイを作製できる。

【0042】

【実施例】以下に、本発明を実施例を用いて、具体的に説明する。但し、本発明はこれに限定されない。

【0043】(測定方法)

(1) 粒度分布

蛍光体粉末の粒度分布は、レーザー回折散乱法を利用した粒度分布計(マイクロトラック社製HRA粒度分析計“MODEL No. 9320-X100”)を用いて測定した。測定条件は下記の通りで行った。

試料量 : 1 g

分散条件 : 精製水中で1.5分間超音波分散、分散しにくい場合は0.2%ヘキサメタリン酸ナトリウム水溶液中で行う。

粒子屈折率: 1.77

溶媒屈折率: 1.33

測定数 : 2回

(2) タップ密度

タップ密度は、筒井理化学社製A.B.D粉体特性測定器を用い、粉末と入れた100cc容器を5分間振動した後、粉末を摺りきり、100cc当たりの粉末質量を測定し計算した。

【0044】(3) 組成分析

Ba、Mg、Al、Euの組成分析は、蛍光体粉末約0.1gを炭酸ナトリウムとホウ酸で融解し、純水で加熱溶解した後、硝酸で酸性として純水で定容とし、この溶液を希硝酸で希釈した後、セイコーインスツルメンツ(株)製シーケンシャル型ICP発光分析装置(SPS4000)を用いて、各元素について含有量を求め相対値を算出した。

【0045】(4) 酸素含有量

酸素含有量は、蛍光体粉末を150℃で1時間乾燥後、蛍光体粉末約10mgを秤取し不活性ガス中で融解させ、発生したガスの赤外線吸収量から求めた。酸素含有量は、融解前の蛍光体粉末重量と赤外線吸収量から算出した酸素重量との比率で表した。分析には、堀場製作所製EMGA-650を用いた。

【0046】(5) 蛍光体の発光特性

蛍光体の発光特性である発光強度(エネルギー)と色度は以下の通り測定した。蛍光体粉末約600mgを直径24mm、深さ1mmのSUS製の皿(サンプルホルダー)に盛り、ガラス板を押し当てて平らにする。この試料をチャンバー内に入れ、一度、ロータリーポンプでチャンバー内を5Pa以下に真空引きした後、 $4.2 \times 10^{-3}$ /分の流速で純度99.9%以上の窒素ガスを流し、30分間放置してチャンバー内を窒素ガスで置換する。その後、ウシオ電機製エキシマ光発光ランプH0012(照射口:直径27mm)を内蔵したエキシマ光照射装置から146nm紫外光を入射角20度で試料面から25cm離れたところから照射する。発光強度と色度の測定は、試料面の真上23cmから大塚電子社製瞬間マルチ測光システムMCPD-2000で測定した。

【0047】一方、ペースト焼成後の発光特性を測定する試料は、蛍光体ペーストをスクリーン印刷法(スクリーン版:SUS#200)を用いてガラス基板上に乾燥厚み30μmになるように形成した塗布膜を、80℃の



オープンで30分間乾燥させ、その後焼成炉に入れ、500℃で15分間焼成したものを掻き取り上記と同じサンプルホルダーに入れ測定した。

【0048】発光維持率は、蛍光体粉末の発光強度の分光スペクトルの積分値（エネルギー）を $I_p$ 、蛍光体ペーストにして焼成した後の蛍光体粉末の発光エネルギー $I_s$ とした場合、 $I_s/I_p \times 100$ （％）で示したものである。

【0049】（6）パネルの発光特性

パネルの輝度と色温度は、放電維持電圧170V、周波数30kHz、パルス幅3 $\mu$ mの放電条件で全面点灯させ、ミノルタ社製の分光放射輝度計CS-1000を用いて測定した。

【0050】（実施例1～5、比較例1～3）炭酸バリウム、酸化ユーロビウム、塩基性炭酸マグネシウム三水和物、 $\gamma$ -アルミナの原料を組成にあわせて計量し、フラックスのフッ化アルミニウムを原料の $\gamma$ -アルミナの\*

\*アルミナ原子に対して数%モル添加しボールミルにて十分混合した。その後、窒素・水素（5％）混合の還元雰囲気中で最高温度1450℃で昇温降下時間を含めて12時間掛けて1次焼成を行った。次に、焼成分を粉碎、分級し再度上記と同一条件で2次焼成を行った。次に、焼成分を分級、洗浄、乾燥、選別の処理を行い、化学量論組成よりアルミニウム元素が過剰な2価のユーロビウムを賦活したアルミン酸蛍光体を得た。

【0051】次に、上記蛍光体粉末を80重量部、バインダー樹脂としてエチルセルローズ樹脂を18重量部、溶媒としてテルピネオール10重量部とベンジルアルコール70重量部を溶解後、3本ローラーで分散し蛍光体ペーストを得た。これらの特性を表1および2に示す。未焼成蛍光体、500℃大気中焼成、ペースト焼成後の酸素分析結果を表3に示す。

【0052】

【表1】

表1

	組 成	平均粒径 ( $\mu$ m)	タップ密度 (g/cm <sup>3</sup> )	発光維持率 (%)	発光強度 *1 (%)	色 度	
						x	y
実施例1	比較例1に対して Al: 3%過剰、Mg: 100%	3.0	1.0	97	121	0.146	0.062
実施例2	比較例1に対して Al: 7%過剰、Mg: 100%	3.1	1.1	93	112	0.146	0.068
実施例3	比較例1に対して Al: 3%過剰、Mg: 97%	2.8	1.0	98	120	0.142	0.060
比較例1	Ba <sub>0.9</sub> MgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sub>0.1</sub>	3.0	1.0	81	100	0.146	0.072
比較例2	比較例1に対して Al: 15%過剰、Mg: 100%	3.2	1.1	90	95	0.144	0.075

\*1: 発光強度は比較例1を100として時の相対値

【0053】

※ ※【表2】

表2

	組 成	平均粒径 ( $\mu$ m)	タップ密度 (g/cm <sup>3</sup> )	発光維持率 (%)	発光強度 *2 (%)	色 度	
						x	y
実施例4	比較例1に対して Al: 5%過剰、Mg: 100%	2.7	1.0	82	138	0.141	0.080
実施例5	比較例1に対して Al: 3%過剰、Mg: 97%	2.5	1.1	85	141	0.142	0.083
比較例3	Ba <sub>0.8</sub> MgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sub>0.2</sub>	2.7	1.0	60	100	0.144	0.079

\*2: 発光強度は比較例3を100として時の相対値

【0054】

【表3】

表3

	組 成	酸素含有量(質量%)		
		未焼成	大気中焼成後	ペースト焼成後
実施例3	比較例1に対して Al:3%過剰、Mg:97%	38.0	38.0	38.1
比較例1	Ba <sub>0.9</sub> MgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sub>0.1</sub>	37.6	37.9	37.9

【0055】表1の結果をみると、実施例1～3は、比較例1、2と比べ、ペースト焼成後の発光維持率がいずれも90%以上と高いので、発光強度が10%以上高くなっている点で良好な結果である。さらに色度のy値が小さく、青みが深く、パネルにしたときに色再現性範囲が広くすることができる。

【0056】これは、表3に示したようにアルミニウムを過剰にすることで、母体結晶中の酸素含有量が多く、さらには大気中焼成やペースト焼成での酸素含有量の変化が少ないことに起因しているものと考えられる。

【0057】表2の結果をみると、実施例4～5は、E\*20

表4

	組 成	発光維持率 (%)	発光強度*3 (%)	色 度	
				x	y
実施例6	比較例1に対して Al:7%過剰、Mg:100%	98	110	0.145	0.067
実施例7	比較例1に対して Al:3%過剰、Mg:97%	99	115	0.146	0.063
比較例4	Ba <sub>0.9</sub> MgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sub>0.1</sub>	95	100	0.145	0.069

\*3:発光強度は比較例4を100として時の相対値

【0060】表4の結果をみると実施例6および7はペースト焼成後の発光維持率が98%以上と高く、比較例4と比べ、発光強度が10%以上高くなり良好な結果である。さらに色度のy値が小さく青みが深く、パネルにしたときに色再現性範囲が広くすることもできる。

【0061】(実施例8)まず前面板を作製した。旭硝子社製“PD200”3インチのガラス基板上に、ITOを用いて、ピッチ1290μm、線幅470μmのスクリーン電極を形成した。また、その基板上に感光性銀ペースト法で電極幅120μm、厚み3μmのバス電極を形成した。次に、透明誘電体ガラスペーストをスクリーン印刷により、表示部分のバス電極が覆われるように30μmの厚みで前面誘電体を形成した。誘電体を形成した基板上に電子ビーム蒸着により保護膜として、厚み0.5μmの酸化マグネシウム層を形成して前面板を作製した。

【0062】次に、背面板を作製した。“PD200”3インチガラス基板上に感光性銀ペーストを用いて、幅200μm、厚み3μm、ピッチ430μmのアドレス電

10\*μの添加量が多くなると焼成による発光強度劣化が大きくなるにも関わらず、比較例3のペースト焼成後の発光維持率60%に対して80%以上に向上し、発光強度が35%以上高くなり良好な結果である。

【0058】(実施例6および7、比較例4)バインダー樹脂をポリメチルメタクリレートに変えた以外は実施例2、実施例3、比較例2と同様にして蛍光体ペーストを得た(表4)。

【0059】

【表4】

極を形成した。次いで誘電体層をスクリーン印刷法により20μm形成した。次いで感光性隔壁ペーストを用いたフォトリソグラフィ法により幅60μm、高さ120μm隔壁を形成した。次いで孔径150μm吐出口を1個有するノズルを使用したディスペンサ法で蛍光体層を隔壁上に隔壁底部と側部とも約20μmとなるように形成した。赤色、緑色蛍光体ペーストは蛍光体粉末に赤:(Y,Gd,Eu)BO<sub>3</sub>、緑:(Zn,Mn)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>組成のものを用い、実施例3の本発明青色蛍光体ペーストと同様な方法で作製したものをを用いた。かくして背面板を作製した。

【0063】前面板と背面板をマトリクス表示駆動が可能になるように合わせて、封着用ガラスフリットで封着し350℃に加熱しながら真空排気した後、Xe5%-Neガスを67kPa封入して、プラズマディスプレイを作製した。

【0064】このパネルの発光特性は、初期が輝度800cd/m<sup>2</sup>、色温度7000Kで、比較例5より青色蛍光体の輝度が高く色温度が1000K高く、カラーTV

画像要求される色温度 9500 K 以上に調整する場合の輝度低下は約 1 割程度で小さい。

【0065】（比較例 5）青色蛍光体ペーストを比較例 1 のものを用いた以外は実施例 8 に同様にパネルを得た。このパネルの発光特性は、初期輝度が 750 cd/m<sup>2</sup>、色温度 6000 K で、カラー TV 画像に要求される色温度 9500 K 以上に調整する場合の青色蛍光体の輝度が低いため、輝度低下が約 4 割ほどとなり大きい。

【0066】

\*

＊【発明の効果】本発明によれば、2 価のユービウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体において、母体組成を改良することでペースト焼成工程における発光強度の低下ならび色度ずが少なく、パネル発光輝度が高いディスプレイ用蛍光体ペーストおよびそれを用いたディスプレイ部材ならびディスプレイを提供できる。

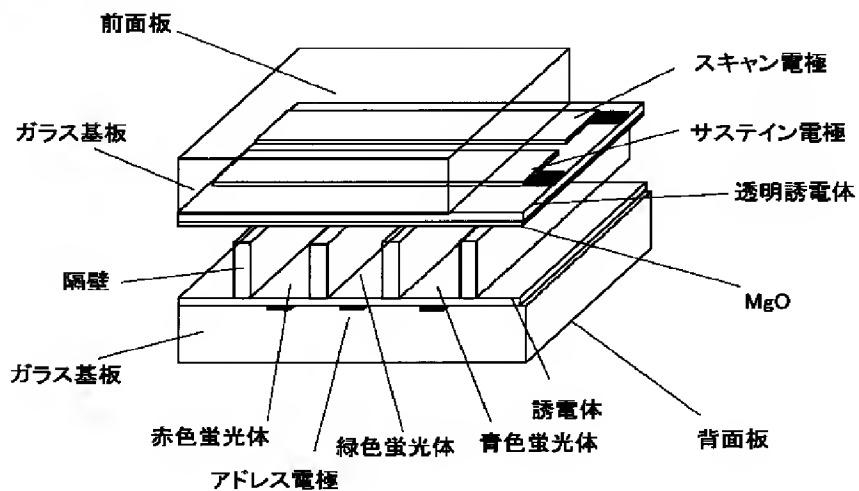
【図面の簡単な説明】

【図 1】プラズマディスプレイの分解斜視図。

【符号の説明】

【図 1】

図 1



フロントページの続き

(72)発明者 清水 一治  
滋賀県大津市園山 1 丁目 1 番 1 号 東レ株式会社滋賀事業場内

(72)発明者 川端 昇  
滋賀県大津市園山 1 丁目 1 番 1 号 東レ株式会社滋賀事業場内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第3部門第3区分

【発行日】平成20年4月17日(2008.4.17)

【公開番号】特開2001-316664(P2001-316664A)

【公開日】平成13年11月16日(2001.11.16)

【出願番号】特願2001-57873(P2001-57873)

【国際特許分類】

C 0 9 K 11/64 (2006.01)

C 0 9 K 11/02 (2006.01)

G 0 9 F 9/30 (2006.01)

H 0 1 J 11/02 (2006.01)

【F I】

C 0 9 K 11/64 C P M

C 0 9 K 11/02 Z

G 0 9 F 9/30 3 4 9 Z

H 0 1 J 11/02 B

【手続補正書】

【提出日】平成20年3月3日(2008.3.3)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】蛍光体粉末と樹脂成分を含有する蛍光体ペーストにおいて、蛍光体粉末が、2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体であって、該アルミン酸塩の化学量論組成式が $MMgAl_{1-x}O_{1.5}$ であり、かつMが少なくともBa、SrおよびCaの少なくとも1種からなり、かつ化学量論組成に対してアルミニウム元素が過剰な組成であることを特徴とするディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項2】アルミニウム元素の過剰量が化学量論組成量に対して10%以下であることを特徴とする請求項1に記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項3】マグネシウム元素の量が化学量論組成量に対して90～100%であることを特徴とする請求項1または2に記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項4】2価のユーロピウムの置換量がM元素に対して5～20atm%であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項5】樹脂成分がセルロース系樹脂またはアクリル系樹脂であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項6】ディスプレイが、プラズマディスプレイパネル、電子放出素子を用いた画像形成装置あるいは蛍光表示管素子を用いた画像形成装置であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のディスプレイ用蛍光体ペースト。

【請求項7】請求項1～6のいずれかに記載のディスプレイ用蛍光体ペーストを用いて形成されたことを特徴とするディスプレイ用部材。

【請求項8】請求項7記載のディスプレイ用部材を用いてなることを特徴とするディスプレイ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

【0010】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明は、蛍光体粉末と樹脂成分を含有する蛍光体ペーストにおいて、蛍光体粉末が、2価のユーロピウムを賦活したアルミン酸塩蛍光体であつて、該アルミン酸塩の化学量論組成式が $MMgAl_{1-x}O_x$ であり、かつMが少なくともBa、SrおよびCaの少なくとも1種からなり、かつ化学量論組成に対してアルミニウム元素が過剰な組成であることを特徴とするディスプレイ用蛍光体ペーストである。